

高二物理新编教案

目 录

第一讲	能的转化和守恒定律（一）	2
第二讲	能的转化和守恒定律（二）	8
第三讲	两种电荷、库仑定律	13
第四讲	电场 电场力的性质（一）	17
第五讲	电场 电场力的性质（二）	23
第六讲	电场的能的性质（一）	25
第七讲	电场的能的性质（二）	29
第九讲	电路的基本概念 基本规律	32
第十讲	串联、并联组合电路及其应用	40
第十一讲	闭合电路的欧姆定律（一）	44
第十二讲	闭合电路的欧姆定律（二）	49
第十三讲	磁场 磁感线	52
第十五讲	磁感应强度 磁通量	57
第十六讲	磁场对电流的作用	61

第一讲 能的转化和守恒定律（一）

一、知识梳理

（一）物体的内能

1. 分子动能

① 定义:分子做无规则运动的动能叫分子动能。物体里所有分子动能的平均值,叫分子的平均动能。

② 影响因素:温度是分子热运动的平均动能的标志。在相同温度下,各种物质分子的平均动能都相同。

③ 分子的平均动能与分子的平均速率:温度是分子平均动能的标志,并不是分子平均速率的标志,在相同温度下,各种物质的平均动能相同,而平均速率一般是不同的。

2. 分子势能

① 定义:由分子间相对位置决定的能叫分子势能。

② 分子力做功与分子势能:分子力做正功,分子势能减小;分子力做负功,分子势能增加。

③ 影响因素:分子势能与物体的体积有关。

3. 物体的内能

① 定义:物体中所有分子的热运动的动能和分子势能的总和,叫做物体的内能。

② 影响因素:物质质量、温度、体积。

注意:热现象是大量分子热运动的宏观表现,是大量分子运动的统计结果。讨论个别分子的温度和内能是没有意义的。

（二）改变内能的两种方式

1. 改变内能的方式:做功和热传递。

2. 内能变化的量度:做功使物体的内能改变时,内能的改变用功的数值来量度;热传递使物体的内能改变时,内能的改变用热量来量度。做功和热传递对改变物体的内能是等效的。但两者在改变内能的方式上是有区别的,做功是使其他形式的能和内能相互转化;热传递是使物体间的内能发生转移。

3. “热量”与“内能”:热量是热传递过程中内能的转移量,是内能转移的量度。热量是与内能的变化过程相联系的,是过程量。内能是状态量,它与物质的量、温度、体积等因素有关。

（三）能的转化和守恒定律

1. 能的形式

能以多种形式存在于自然界,每一种形式的能对应于一种运动形式。各种形式的能通过做功实现转化。功是能量转化的量度。

2. 能量守恒定律

能量既不会凭空产生,也不会凭空消失,它只能从一种形式转化力另一种形式,或者从一个物体转移到另一个物体,在转化或转移的过程中其总量不变。

能量守恒定律是普遍适用的基本规律,它把不同的自然科学技术领域联系起来了,是19世纪自然科学三大发现之一。

（四）能转化的方向性

1. 自然过程的方向性

大量事实表明,自然界中的一切实际变化过程都具有方向性,朝某个方向的变化是可以自发发生的,相反方向的变化却是受到限制的。这时如果要使变化了的事物重新恢复到原来的状态,一定会对

外界产生无法消除的影响，这就是自然过程的不可逆性。

2. 三类型典型的单向性过程或不可逆过程

①热传递:热量自发地,由高温物体传到低温物体,但无法自发地从低温物体传给高温物体。

②摩擦生热:单摆在来回摆动许多次以后,总会停下来,它克服摩擦力和空气阻力做功而使机械能转变力内能。这部分内能无法重新自然地转变为机械能而使单摆恢复摆动。

③气体向真空膨胀:用隔板将密闭容器分割成两部分,其中左边充有气体,右边为真空。打开隔板后,容器左边的气体就会向右边的真空区域自由膨胀,最终均匀地分布于整个容器。气体不可能自发地回到容器的左边。

由此可知:由于宏观过程的不可逆性,如果一个系统的内能增加,这个系统就无法依靠自身的作用,自发地回到原先的状态。除非系统依靠外界的帮助,而“外界的帮助”将更多地消耗其他形式的能,产生出更多的内能来。

3. 能量耗散

没办法把流散的内能重新收集起来加以利用的现象叫能量耗散。

能量耗散从能量转化的角度反映出自然界的宏观过程具有方向性。

4. 能源与环境

① 能源指的是能够提供可利用能量的物质资源,是现代生活的重要物质基础。

② 人们把煤、石油、天然气叫做常规能源。大量消耗常规能源给环境带来了严重污染,常规能源如果消耗完了就没有了,是不可再生能源。

③ 常规能源的短缺和这类能源所带来的环境污染,使得新能源的开发成为当务之急。现在开发的新能源主要有风能、水流能、太阳能、沼气能、核能。其中风能、水流能是可再生能源,太阳能是一种清洁能源。

二、课题例题

★例题 1. 关于分子动能、分子势能和内能,下列说法中正确的是()。

- A. 分子的动能与分子的势能的和叫做这个分子的内能
- B. 物体的分子势能由物体的温度和体积决定
- C. 物体的速度增大时,物体的内能增大
- D. 物体的动能减小时,物体的温度可能升高

★例题 2. 根据能量转化的方向性,判断下列说法中正确的是()。

- A. 热量能够从高温物体传到低温物体,但不能从低温物体传到高温物体
- B. 热量能够从高温物体传到低温物体,也能低温物体传到高温物体
- C. 机械能可以全部转化为内能,但热量不可能全部转化为机械能
- D. 机械能可以全部转化为内能,热量也可能全部转化力机械能

★★例题 3. 用 r 表示两个分子的距离, E_p 表示两个分子间相互作用的势能,当 $r=r_0$ 时分子间的引力和斥力相等,设两个分子相距很远时, $E_p=0$,则下列说法中正确的是()。

- A. 当 $r>r_0$ 时, E_p 随 r 增大而增加
- B. 当 $r<r_0$ 时, E_p 随 r 减小而增加
- C. 当 $r>r_0$ 时, E_p 不随 r 而改变
- D. 当 $r=r_0$ 时, $E_p=0$

★★例题 4 关于热传递、做功与物体的内能，下列说法中正确的是（ ）。

- A. 在一定条件下物体的温度可以降到 0K
- B. 物体只从单一热源吸收的热量可全部用于做功
- C. 吸收了热量的物体，其内能一定增加
- D. 压缩气体可以使气体的温度升高

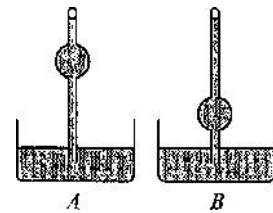
★例题 5 根据“做功和热传递是改变内能的两种方式”，判断下列说法中正确的是（ ）。

- A. 物体吸热后温度一定升高
- B. 物体温度升高一定是因吸收了热量
- C. 0°C 的冰化为 0°C 的水的过程中内能不变
- D. 100°C 的水变成 100°C 的水汽的过程中内能增大

★★★例题 6 如图所示,A、B 两装置,均由一支一端封闭、一端开口且带有玻璃泡的管状容器 和水银槽组成,除玻璃泡在管上的位置不同外,其他条件都相同。将两管抽成真空后,开口向 下竖直插入水银槽中(插入过程没有空气进入管内),水银柱上升至图示位置停止。

假设这一过程水银与外界没有热交换,则下列说法中正确的是()。

- A. A 中水银的内能增量大于 B 中水银的内能增量
- B. B 中水银的内能增量大于 A 中水银的内能增量
- C. A 和 B 中水银体积保持不变,故内能增量相同
- D. A、B 中水银温度始终相同,故内能增量相同

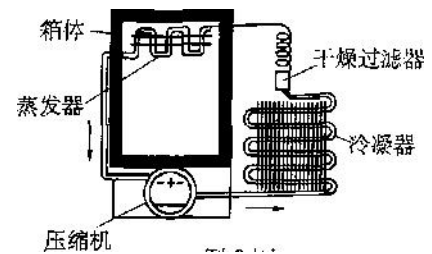


★例题 7 下面四种生活实例中各是通过什么物理过程改变物体内能的?

- A. 瓶内的高压气体将瓶塞冲开,瓶内气体温度降低
- B. 用打气筒打气,气筒筒壁会变热
- C. 用火炉把水烧开
- D. 古人钻木取火

★★★例题 8 如图所示为电冰箱的工作原理示意图。压缩机工作时,强迫制冷剂在冰箱内外 的管道中不断循环。在蒸发器中制冷剂汽化吸收箱体内的热量,经过冷凝器时制冷剂液化,放 出热量到箱体外。那么下列说法中正确的是()

- A. 热量可以自发地从冰箱内传到冰箱外
- B. 电冰箱的制冷系统能够不断地把冰箱内的热量传到外界,是因为其消耗了电能
- C. 电冰箱的工作原理不违反能的转化和守恒定律
- D. 电冰箱的工作原理违反能量转化的方向性原则



三、课后作业

- 1. ★相互作用的两个物体没有发生热传递,这是因此它们具有相同的()
A.体积 B.热量 C.温度 D.比热

2. ★下列改变物体内能的物理过程中，不属于对物体做功来改变物体内能的有（ ）。
- 用锯子锯木料，锯条温度升高
 - 阳光照射地面，地面温度升高
 - 搓搓手就感觉手暖和些
 - 划火柴时，火柴头燃烧起来
3. ★一木块从斜面上匀速下滑，在下滑过程中，木块的（不考虑木块的热膨胀）（ ）。
- 分子势能减小，分子平均动能不变
 - 机械能减小，内能增大
 - 机械能不变，内能增大
 - 分子势能不变，分子平均动能增大
4. ★★关于分子势能，下列说法中正确的是（ ）。
- 物体的高度越高，物体内的分子势能越大
 - 物体的体积越大，物体内的分子势能越大
 - 物体的体积减小，物体内的分子势能也减小
 - 物体的体积变化，分子势能随着发生变化
5. ★★比较 100°C 时的 18 g 水、 18 g 水蒸气和 $M\text{ g}$ 氧气，下列说法中正确的是（ ）。
- 分子数相同,分子的平均动能相同
 - 分子数相同，分子的势能也相同
 - 分子数相同，分子的平均动能不相同
 - 分子数不相同，分子的平均动能相同
6. 关于物体的内能变化，下列说法中正确的是（ ）。
- 物体吸收热量，内能一定增大
 - 物体对外做功，内能一定减小
 - 物体吸收热量，同时对外做功，内能可能不变
 - 物体放出热量，同时对外做功，内能可能不变
7. ★★★对于热量、功和内能三个物理量，下列说法中正确的是（ ）。
- 热量和功由过程决定，而内能由状态决定
 - 热量、功和内能的物理意义相同
 - 热量和功都可以作为内能的量度
 - 内能大的物体含有的热量多
8. ★★★行驶中的汽车制动后滑行一段距离，最后停下;流星在夜空中坠落并发出明亮的光焰；降落伞在空中匀速下降;条形磁铁在下落过程中穿过闭合线圈，线圈中产生电流。上述不同现象中所包含的相同的物理过程是（ ）。
- 物体克服阻力做功
 - 物体的动能转化为其他形式的能量
 - 物体的势能转化为其他形式的能量
 - 物体的机械能转化为其他形式的能量
9. ★★★密闭有空气的薄塑料瓶因降温而变扁，此过程中瓶内空气（不计分子势能）（ ）
- 内能增大，放出热量
 - 内能减小，吸收热量
 - 内能增大，对外界做功
 - 内能减小,外界对其做功

10. ★★根据能量转化的方向性，判断下列说法中正确的是（ ）。

- A. 电流的能不可能全部变为内能
- B. 在火力发电机中，燃气的内能能全部变为电能
- C. 热机中，燃气内能不可能全部变为机械能
- D. 在热传导中，热量有可能自发地从低温物体传递给高温物体

11. ★★★(多选题) 对于一定量的理想气体，下列过程可以发生的是（ ）

- A. 在恒温条件下，气体绝热膨胀
- B. 气体从外界吸收热量而保持温度不变
- C. 在绝热条件下，体积不变而温度升高
- D. 气体对外做功的同时向外界放出热量



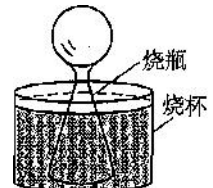
12. ★★★(多选题) 如图所示，某同学将空的薄金属筒开口向下压入水中。设水温均匀且恒定，筒内空气无泄漏，不计气体分子间相互作用，被淹没的金属筒在缓慢下降过程中，筒内空气体积减小，则桶内气体（ ）

- A. 从外界吸热
- B. 内能不变
- C. 向外界放热
- D. 内能减小

13. ★做功与热传递对_____是等效的,但从能的转化观点来看它们的区别在于:做功是_____热传递则是_____。

14. ★温度升高时，物体分子的热运动_____，分子热运动的平均动能_____。从分子动理论的观点来看，温度是物体分子热运动的_____的标志。

15. ★“钻木取火”是通过_____方式改变物体的内能，把_____转变成内能。某同学做了一个小实验:先把空的烧瓶放入冰箱冷冻，一小时后取出烧瓶，并迅速把一个气球紧密地套在瓶颈上，然后将烧瓶放进盛满热水的烧杯里，气球逐渐膨胀起来，如图所示。这是因烧瓶里的气体吸收了水的_____，温度_____，体积_____。



★★★16.空气压缩机在一次压缩过程中，活塞对空气做功 $1.2 \times 10^5 \text{ J}$ ，空气的内能增加了 $0.8 \times 10^5 \text{ J}$ ，则空气_____（选填“吸收”或“放出”）热量为_____J。

★★★17.人的任何行为过程都需要能量，而食物能在人体内经过消化过程转化为葡萄糖，进而在人体内通过化学反应产生能量。若1克葡萄糖产生的能量 $E = 1.56 \times 10^4 \text{ J}$ ，试估算我们班的体育委员从学校底楼大厅走到4楼图书馆至少消耗多少葡萄糖？（ $g = 10 \text{ m/s}^2$ ）

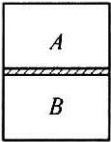
★★★★18.风力发电是利用空气流动所产生的能量，通过风车带动发电机转化为电能。已知某地风速约为 20 m/s ，风车叶的直径为 6 m ，空气密度为 1.29 kg/m^3 。若该风车能将30%的风的动能转化为电能，求该发电机的发电功率。

★★★★19.（多选）在光滑水平面上停放一木块,一子弹水平射穿木块,对此过程,下列说法中正确的是().

(A)摩擦力(子弹与木块间)对木块做的功等于木块动能的增加
 (B)摩擦力对木块做的功完全转化为木块的内能
 (C)子弹损失的机械能等于子弹与木块增加的内能
 (D)子弹损失的机械能等于木块动能与系统内能的增加量

★★★★20.如图所示,直立容器内部有被隔板隔开的 A、B;两部分气体,A 的密度小,B 的密度大.抽去隔板,加热气体,使两部分气体均匀混合.设在此过程中气体吸热 Q,气体内能增量为ΔE,则().

(A)ΔE=Q (B)ΔE<Q (C)ΔE>Q (D)ΔE=0



★★★★21.在一间隔热很好的密闭房间中,把正在工作的电冰箱门打开,室内空气温度将_____ (选填“升高”、“不变”或“降低”),其原因是_____.

★★★★★22.长江三峡工程位于长江西陵峡中段,坝址在湖北省宜昌市三斗坪.三峡工程是一座具有防洪、发电、航运及养殖和供水巨大综合利用效益的特大型水利水电工程,其主要数据如表 1、表 2 所示.

表 1

大 坝	坝高(m)	185
	坝长(m)	2335
	最大蓄水位(m)	175
水 库	总库容量(m³)	3.930×10^{10}
	防洪库容量(m³)	2.215×10^{10}
	平均年流量(m³)	4.510×10^{11}

表 2

电 站	总装机数(台)	26
	总装机容量(kw)	1.820×10^7
	年平均发电量(kW · h)	8.468×10^{10}
通 航	万吨级双线5级船闸(座)	1
	3000吨级单线垂直升船机1(座)	
	年单向通船能力(总吨数)(t)	5×10^7

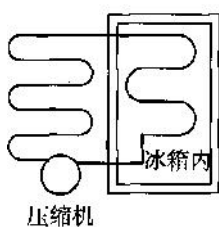
长江三峡具有丰富的水利资源.请根据表 1、表 2 的有关数据完成下列问题.(1)最大蓄水位 h=_____m,平均年流量 V=_____m³;年平均消耗水能 E=_____,转化为电能的百分比 η=_____.(2)若 26 台发电机组全部建成并发电,按设计要求年发电时间为多少天?

第二讲 能的转化和守恒定律（二）

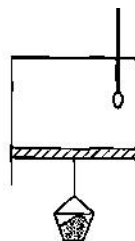
基础练习

一、单项选择题

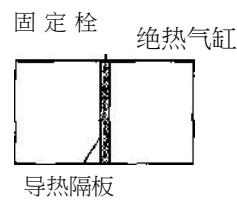
- ★关于分子势能，下列说法中正确的是（ ）。
 - 分子间表现为斥力时，分子间距离越小，分子势能越大
 - 分子间表现为引力时，分子间距离越小，分子势能越大
 - 当 $r=r_0$ 时，分子势能最小
 - 将物体以一定初速度竖直向上抛出，物体在上升阶段其分子势能越来越大
- ★关于用做功的方式改变物体的内能的过程，下列说法中正确的是（ ）。
 - 一定是其他形式的能转化为内能的过程
 - 一定是内能转化为其他形式的能的过程
 - 可能是两物体间内能转移的过程
 - 一定是其他形式的能与内能转化的过程
- ★★下列叙述中正确的是（ ）。
 - 温度升高，物体内每个分子的热运动速率都增大
 - 气体压强越大，气体分子的平均动能就越大
 - 在绝热过程中外界对气体做功，气体的内能必然增加
 - 自然界中进行的涉及热现象的宏观过程都具有方向性
- ★★下列过程中，由于热传递而使物体内能改变的是（ ）。
 - 用打气筒给自行车打气时，打气筒下部温度升高
 - 太阳光照在物体上，物体温度升高
 - 食品放入冰箱，温度降低
 - 用铁锤连续打击物体使物体温度升高



第 6 题图



第 7 题图



第 8 题图

- 6.★★根据家用电冰箱的工作原理，当压缩机工作时，强迫制冷剂在冰箱内外管道中不断循环，如图示，那么下列说法中正确的是（ ）。

- ① 在冰箱内的管道中，制冷剂迅速膨胀并吸收热量
 ② 在冰箱外的管道中，制冷剂迅速膨胀并放出热量
 ③ 在冰箱内的管道中，制冷剂被剧烈压缩并吸收热量
 ④ 在冰箱外的管道中，制冷剂被剧烈压缩并放出热量.
- A.②④ B.①③ C.②③ D.①④

7. ★★★如图所示，固定不动、导热良好的气缸开口向下，气缸内有理想气体，活塞可自由滑动且不漏气。一根温度计通过缸顶小孔插入缸内，插口处密封良好，活塞下挂一个沙桶，沙桶装满沙子时，活塞恰好静止，现给沙桶底部钻一个小洞，细沙慢慢漏出，外部环境温度恒定，则（ ）。

- A. 气体对外做负功，内能增大 B. 外力对气体做功，温度计示数不变
 C. 外力对气体做功，温度计示数减小 D. 气体对外做负功，内能不变

8. ★★★如图所示，绝热气缸中间用固定栓将可无摩擦移动的导热隔板固定，隔板质量不计，左右两室分别充有一定量的氢气和氧气（视为理想气体）。一开始，两室气体的温度相等，氢气的压强大于氧气的压强。现松开固定栓直到系统重新达到平衡，那么下列说法中正确的是（ ）。

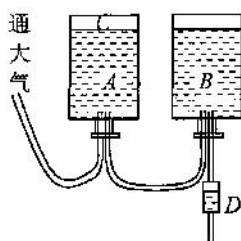
- A. 初始时氢分子的平均动能大于氧分子的平均动能
 B. 系统重新达到平衡时，氢气的内能比初始时的小
 C. 松开固定栓直至系统重新达到平衡的过程中有热量从氧气传递到氢气
 D. 松开固定栓直至系统重新达到平衡的过程中，氧气的内能先增大后减小

9. ★★下列说法中正确的是（ ）。

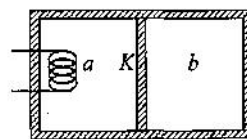
- A. 任何物体的内能就是组成物体的所有分子热运动动能的总和
 B. 只要对内燃机不断改进，就可以把内燃机得到的全部内能转化为机械能
 C. 做功和热传递在改变内能的方式上是不同的
 D. 满足能量守恒定律的物理过程都能自发进行

10. ★★★如图所示，是医院给病人输液的部分装置示意图，在输液过程中（ ）。

- A. A 瓶中的药液先用完
 B. B 瓶中的药液先用完
 C. 随着液面下降，A 瓶内 C 处气体压强逐渐增大
 D. 随着液面下降，A 瓶内 C 处气体压强逐渐减小



第 10 题图



第 11 题图

二、多项选择题

11. ★★★如图所示，绝热隔板 K 把绝热的气缸分隔成体积相等的两部分，K 与气缸壁的接触是光滑的。两部分中分别盛有相同质量、相同温度的同种气体 a 和 b。气体分子间相互作用势能可以

忽略。现通过电热丝对气体 a 加热一段时间后，a、b 各自达到新的平衡，那么（ ）。

- A. a 的体积增大了，压强变小了
- B. b 的温度升高了
- C. 加热后 a 的分子热运动比 b 的分子热运动更激烈
- D. a 增加的内能小于 b 增加的内能

12.★★★理想气体的各种热力学过程中，可能发生的过程是（

- A.内能增加的等容加热过程
- B.吸热的等温压缩过程
- C.内能增加的绝热压缩过程
- D.吸热的等压压缩过程

三、填空题

13. ★组成物体的分子在做永不停息的热运动，温度升高时，分子热运动的平均动能_____（选填“增大”“不变”或“减小”）。改变物体内能有做功和_____两种方式。

14. ★远古时代，取火是一件困难的事，火一般产生于雷击或磷的自然自燃。随着人类文明的进步，出现了“钻木取火”等方法。“钻木取火”是通过_____方式改变物体的内能，把_____转变成内能。

15. ★★将一定质量的 0°C 的冰融为 0°C 的水，此时分子的总动能_____，分子的总势能_____。（选填“减小”，“不变”或“增大”）

16. ★在物体内部，分子热运动的剧烈程度与物体的_____有关；改变物体内能的方式有_____和热传递两个途径。

四、计算题

17. ★★★中国第一大瀑布——黄果树瀑布的主瀑高度为 67 米，若水下落时重力势能的 25%用来使水温升高，那么水落到瀑底的温度将升高多少？（ $g=10\text{ m/s}^2$ ）

18. ★★★★★灰村常用沼气发电来实现能量自给自足，容积为 1 立方米的沼气池每天产沼气约 0.2 m^3 ，而用沼气发电的效率为 $1.5\text{ 千瓦}\cdot\text{时}/\text{立方米}$ ，若某村庄每天用电量约力 30 千瓦时，在发电机效率为 80%的情况下沼气池的容积至少为多大？

能力提高

一、单选题：

- ★★关于物体的内能、温度和分子的平均动能，下列说法正确的是（ ）
(A) 温度低的物体内能小
(B) 温度低的物体分子运动的平均速率小
(C) 外界对物体做功时，物体的内能一定增加
(D) 做加速运动的物体，分子平均动能可能越来越大
- ★温度不同的两块金属接触，达热平衡后，它们具有相同的物理量是（ ）
(A) 内能 (B) 分子平均动能 (C) 分子势能 (D) 热量
- ★★★分子具有与分子间距离有关的势能，这种势能叫做分子势能，则分子势能一定减小的情况是（ ）
(A) 分子力做正功 (B) 分子力做负功
(C) 分子间距离增大时 (D) 分子间距离减小时
- ★★★★一定质量的理想气体，在温度不变的条件下，使其压强增大，则在这一过程中气体（ ）
(A) 从外界吸收了热量 (B) 对外界做了功
(C) 分子的平均动能增大 (D) 密度增大
- ★★★★下列说法中正确的是（ ）
(A) 低温物体的内能一定少，高温物体的内能一定多
(B) 低温物体的分子热运动的平均速率一定小，高温物体的分子热运动的平均速率一定大
(C) 物体做加速运动时，速度越来越大，其分子的平均动能也越来越大，因此内能必然增大
(D) 速度大的物体其内部分子平均动能不一定大，速度小的物体其内部分子平均动能不一定小
- ★★★★具有一定质量的理想气体，其温度由 T_1 升高到 T_2 的过程中，以下说法中正确的是（ ）
(A) 如气体体积不变，则分子的平均动能可能不变
(B) 如气体膨胀对外做功，则分子的平均动能可能减少
(C) 只有气体被压缩，分子的平均动能才会增加
(D) 不管气体体积如何变化，分子的平均动能总是增加
- ★水电站发电时，水从高处向下冲击水轮机的叶轮，转动的叶轮带动发电机发电。在这个过程中，能量的转化顺序为（ ）
(A) 势能 - 电能 - 动能 (B) 势能 - 动能 - 电能
(C) 电能 - 动能 - 势能 (D) 动能 - 势能 - 电能
- ★下列关于能量转化方向的说法中正确的是（ ）
(A) 热量可以自发地从低温物体传到高温物体

- (B) 内能可以全部转化为机械能，而不引起其他变化
(C) 凡是能量守恒的过程一定能够自发地发生的
(D) 电炉工作是电能转化为内能、最终流散到周围的环境中去
9. ★在合理节约能源的同时，还要大力开发新能源，下列能源中不属于新能源的是()
(A) 天然气 (B) 核能 (C) 太阳能 (D) 地热能
10. ★关于太阳能的下列说法中，错误的是()
(A) 太阳能是可供人类利用的一种新能源，它是二次能源
(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) 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
11. ★在人造卫星上，利用的能量来源主要是()
(A) 利用太阳能电池把太阳能转化为电能
(B) 利用天然气等化石能源燃烧放出的内能转化为电能
(C) 利用氢、氧等化学变化放出内能转化为电能
(D) 直接利用太阳能加热物体

二、填空题：

12. ★★电能是由其他形式的能转化来的能源，它最终还要转化为光能、内能、动能等其他形式的能，才能为人类所用。
(1) 电能是_____次能源。
(2) 人类使用电能，是因为电能便于_____和_____。
(3) 请你依次写出我们生活中常用的将电能转化为光能、内能、动能的用电器各一个：
_____、_____、_____。
13. ★★太阳能热水器是把_____能转化为_____能；绿色植物光合作用是把_____能转化为_____能；太阳能电池是把_____能转化为_____能。
14. ★★ 100°C 的水的分子平均动能_____ 100°C 的水蒸气的分子平均动能， 100°C 的水的内能_____ 100°C 相同质量的水蒸气的内能。(选填“大于”、“等于”或“小于”)。

三、综合应用题：

15. ★★★★★有一个能装 50 kg 水的太阳能晒水箱，其接收太阳能的面积为 2 m^2 ，该晒水箱接受的太阳辐射能为 $E=3.2\times 10^6\text{ J}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 。求：
(1) 如果每天接收太阳能的时间为 8h，则该晒水箱每天可以接收多少 J 的太阳能？
(2) 由于热量的散失等原因，水的吸热效率只有 60%。那么，该晒水箱一天吸收的太阳能可使这 50 kg 的水升高多少摄氏度？

第三讲 两种电荷、库仑定律

一、知识梳理

(一) 两种电荷

1. 两种电荷

自然界存在两种电荷:正电荷和负电荷。例如:用毛皮摩擦过的橡胶棒带负电,用丝绸摩擦过的玻璃棒带正电。

2. 元电荷

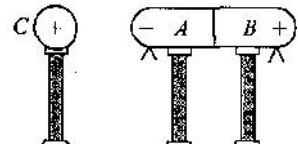
物体失去电子带正电,得到电子带负电。任何带电体所带电量都等于电子电量的整数倍。电子所带电量是最小的带电单元,称为元电荷。用符号 e 表示。最早测定元电荷数值的是美 物理学家密立根。在国际单位制中电量的单位是 C ,有时也用元电荷 e 作电量单位: $1e = 1.6 \times 10^{-19} C$ 。

3. 起电方式

三种起电方式是摩擦起电、接触起电、感应起电。除此之外,还有光起电(这种现象叫做光电效应现象)

①摩擦起电:相互摩擦的两个物体,一个物体失去一些电子而带正电,另一个物体得到这 电子而带负电,两个物体分别带上等量异种电荷。

玻璃棒与丝绸摩擦时,玻璃棒容易失去电子而带正电;橡胶棒与毛皮摩擦时,橡胶棒容易得到电子而带负电。



*②感应起电:利用静电感应使物体带电的方式。

如图所示,将导体 A、B 接触后去靠近带电体 C,由于静电感应,导体 A、B 两端出现等量异种电荷。这时先把 A、B 分开,然后移去 C,则 A 和 B 两导体上分别带上了等量异种电荷。

③接触起电:一个不带电的金属导体跟另一个带电的金属导体接触后分开,而使不带电的导体带上电荷的方式。完全相同的带电金属小球相接触,电量平分(同种电荷总电量平均分配;异种电荷先中和后平分)。

④光起电

起电方式的本质都是电子的转移。

1. 电荷的叠加

同种电荷在一起叠加,异种电荷在一起抵消,等量异种电荷在一起完全抵消称为中和。

2. 电荷守恒定律

电荷既不能创造也不能消灭,只能从一个物体转移到另一个物体,或者从物体的一部分转移到另一部分,在转移的过程中,电荷的总量不变。

(二) 电荷间的相互作用

1. 电荷间的相互作用:同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。

2. 点电荷:是带有电量的点,是一个理想化模型。在实际问题中,只有当带电体间的距离比它们自身的线度大得多,带电体的形状和大小对相互作用力的影响可以忽略不计时,带电体才可以视为点电荷。

3. 库仑定律

①内容:真空中两个点电荷之间的相互作用力,跟它们的电荷量的乘积成正比,跟它们的距离的二次方成反比。作用力的方向在它们的连线上。

②表达式: $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 其中 F 叫库仑力或静电力,也叫电场力。

静电力常量: $k = 9.0 \times 10^9 N \cdot m^2 / C^2$ 。

适用范围:真空中点电荷。如果空间同时存在多个点电荷,则某点电荷所受的总的电场力应是各点电荷对它作用力的矢量和。

不能单纯地从数学意义上去考虑,认为当 $r \rightarrow 0$ 时,便可得到 F 为无穷大了。事实上,当 $r \rightarrow 0$ 时,

带电体便不能看作点电荷,公式也再适用了。

二、课堂例题

【专题 1】电荷和电荷守恒

★【例题 1】已知在环境温度、湿度、气压相同的情况下,可得出以下序列:玻璃、尼龙、羊毛、丝绸、棉花、纸张、硬橡胶、腈纶……序列中两种物质摩擦时,排在前面的物质带正电,后面的物质带负电,而且两种物质在序列中距离越远,摩擦起电现象越显著。用事先准备的尼龙、羊毛、腈纶等材料,进行摩擦起电的实验,下面的叙述中正确的是()

- A. 尼龙棒与羊毛摩擦,尼龙棒带负电
- B. 腈纶与羊毛摩擦,腈纶带正电
- C. 尼龙与腈纶摩擦,不能起电
- D. 羊毛与腈纶摩擦较尼龙与羊毛摩擦,有更显著的起电现象

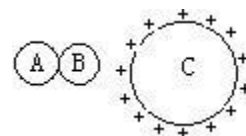
★★【例题 2】目前普遍认为,质子和中子都是由被称为 u 夸克和 d 夸克的两类夸克组成。 u 夸克带电荷量为 $2e/3$, d 夸克带电荷量为 $-e/3$, e 为元电荷。下列论断可能正确的是()

- A. 质子由 1 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成,中子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成
- B. 质子由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成,中子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成
- C. 质子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成,中子由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成
- D. 质子由 2 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成,中子由 1 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成

★【例题 3】关于元电荷的下列说法中,正确的是()

- A. 元电荷是表示跟电子所带电荷量数值相等的电荷量
- B. 电子就是元电荷
- C. 质子就是元电荷
- D. 原子核外所有电子电量的总和是元电荷

★★★【例题 4】图中 A、B 是两个不带电的相同的绝缘金属球,它们靠近带正电荷的金球 C。在下列情况中,判断 A、B 两球的带电情况:



- ① A、B 接触后分开,再移去 C,则 A _____, B _____;
- ② A、B 接触,用手指瞬间接触 B 后再移去 C,则 A _____, B _____;
- ③ A、B 接触,用手指接触 A,先移去 C 后再移去手指,则 A _____, B _____。

★★★【专题 2】库仑定律

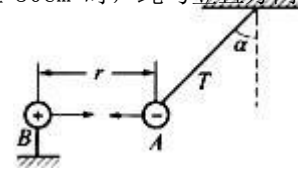
【例 5】试比较电子和质子间的静电引力和万有引力。已知电子的质量 $m_1 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 质子的质量 $m_2 = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 。电子和质子的电荷量的绝对值都是 $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。

★★★【例6】两个相同的均匀带电小球，分别带有 $Q_1=1\text{C}$ ， $Q_2=-2\text{C}$ 的电荷量，在真空中相距 r 时，相互作用力为 F 。

- ①今将 Q_1 、 Q_2 、 r 都加倍，作用力多大？
- ②只改变两电荷的电性，作用力如何变化？
- ③只将 r 增大2 倍，作用力如何变？
- ④将两个小球接触一下，仍放回原处，作用力如何变化？
- ⑤使两小球接触后，静电力的大小不变，两球应如何放置？

★★★【例7】如图所示，把质量为 2g 的带正电小球A用绝缘细绳悬起，若将带电量为 $Q=-4.0\times 10^{-6}\text{C}$ 的带电球B靠近A，当两个带电小球在同一高度相距 30cm 时，绳与竖直方向成 $\alpha=45^\circ$ 角。试求：

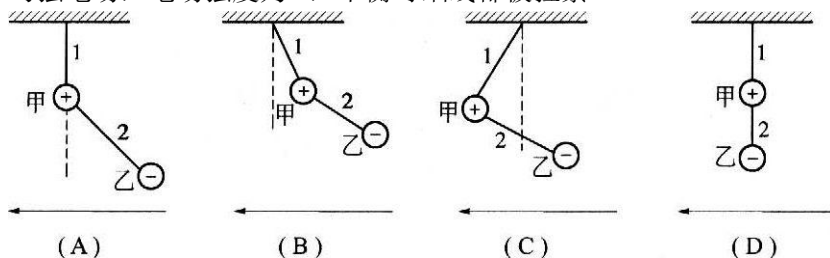
- ①B球受到的库仑力大小
- ②A球的带电量



★★★★【例8】A、B 两点电荷所带电量为 $+Q$ 和 $-2Q$ ，相距为 a ，引入点电荷 C 后，要使A、B、C都处于平衡状态，在下列两种情况下，求 C 应放在何处？带何种电荷？电量是多少？

- (1) A、B 固定
- (2) A、B、C 均不固定

★★★★【例9】如图所示，甲、乙两带电小球的质量均为 m ，所带电量分别为 $+q$ 和 $-q$ ，两球间用绝缘细线连接，甲球又用绝缘细线悬挂在天花板上，在两球所在空间有方向向左的匀强电场，电场强度为 E ，平衡时细线都被拉紧。



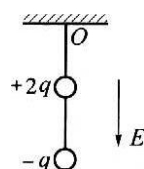
(1) 平衡时的可能位置是 4 图中的图()。

(2) 两根绝缘线张力大小为()。

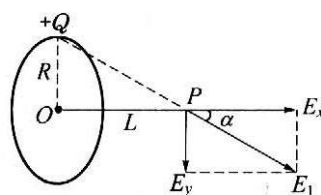
(A) $T_1 = 2mg$, $T_2 = \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$ (B) $T_1 > 2mg$, $T_2 > \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$

(C) $T_1 < 2mg$, $T_2 < \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$ (D) $T_1 = 2mg$, $T_2 < \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$

★★★★【例10】如图所示，在场强为 E 、方向竖直向下的匀强电场中，有两个质量均为 m 的带电小球，电荷量分别为 $+2q$ 和 $-q$ ，两小球用长为 L 的绝缘细线相连，另用绝缘细线系住带正电的小球悬挂于 O 点而处于平衡状态，重力加速度为 g ，则细线对悬点 O 的作用力等于_____。



★★★★★【例11】如图所示，一半径为 R 的绝缘环上均匀地带有电荷量为 $+Q$ 的电荷，在直于圆环平面的对称轴上有一点 P 放入检验电荷 $+q$ ，它与环心 O 的距离 $OP=L$ ，试求检验电荷 $+q$ 所受电场力。



第四讲 电场 电场力的性质 (一)

一、知识梳理

(一) 认识电场

1. 电场的属性: 电场是一种客观存在的物质。
2. 电场的形成: 电荷的周围存在着电场, 带电体间的相互作用是通过周围的电场发生的。
3. 电场的基本特性: 对放入其中的电荷有力的作用(称为电场的力的性质)。

我们引入物理量“电场强度”和图形“电场线”来描述电场的力的性质。

(二) 电场强度

1. 电场强度: 用来描述电场的力的性质的物理量, 简称场强。

① 定义: 放入电场中某点的检验电荷受到电场力 F 跟它的电荷量 q 的比值叫做电场中该点的电场强度(比值法定义物理量)。

② 表达式: $E = \frac{F}{q}$ 。

③ 电场强度是矢量, 其方向: 规定正电荷在该点受电场力的方向为场强方向。

④ 单位: 牛/库, 符号是 N/C 。

⑤ 电场强度在数值上等于单位正电荷在电场中所受的力。

2. 真空中点电荷的电场其场强的表达式: $E = k \frac{Q}{r^2}$ 。

3. 电场的叠加: 如果有几个点电荷同时存在, 它们的电场互相叠加, 形成合电场, 某点的场强等于各点电荷在该点产生的场强的矢量和, 遵循平行四边形定则。

4. 关于电场强度的几点说明

① 电场强度是描述电场的力的性质的物理量。只与电场本身有关, 电场一旦确定, 场中各点场强的大小方向都是唯一确定的, 而与引入电荷与否无关。即虽然 $E = \frac{F}{q}$, 但 E 与 F 和 q 都无关。绝不能理解成 E 与 F 成正比, 与 q 成反比(与密度的定义 $\rho = \frac{m}{V}$ 相类比理解比值法定义物理量)。

② $E = \frac{F}{q}$ 是电场中电场强度的定义式, 在所有的电场中都适用。其中的 q 是引入的检验电荷, 与场强的大小、方向无关。而 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 是真空中点电荷形成的电场的场强的表达式, 仅适用于真空中点电荷的电场的计算。其中, Q 是场源电荷所带电量, r 是场中某一点到场源电荷的距离, 场强 E 与 Q 、 r 均有关。 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 是真空中点电荷电场的场强的表达式。

③ 由库仑定律 $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 可以得出: $F = Q_1 k \frac{Q_2}{r^2} = Q_1 E_2$, 其中 E_2 表示点电荷 Q_2 产生的电场在 Q_1 处的场强。同理, 由 $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 可以得出: $F = Q_2 k \frac{Q_1}{r^2} = Q_2 E_1$, 其中 E_1 表示点电荷 Q_1 产生的电场在 Q_2 处的场强(库仑力就是电场力)。

(三) 电场线

1. 关于电场线的几点说明

- ① 电场线不是实际存在的, 是为了形象化描绘电场而引入的(由法拉第引入);
- ② 电场线起于正电荷(或无穷远), 止于负电荷(或无穷远), 不闭合, 不相交;
- ③ 电场线的疏密表示场强的大小, 电场线的切线方向表示场强的方向;
- ④ 电场线不是自由电荷的运动轨迹。

2. 典型电场的电场线

① 正点电荷形成电场:如图 1 所示,场强的方向背向场源电荷;距场源电荷越近场强越大。

② 负点电荷形成电场:如图 2 所示,场强的方向指向场源电荷;距场源电荷越近场强越大。

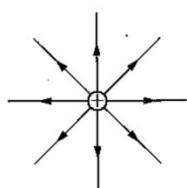


图 1

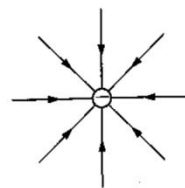


图 2

③ 等量同种电荷形成电场:如图 3 所示,在两电荷连线上,从一个电荷到另一个电荷场强先减小后增大,连线中点场强为零。在两电荷连线的垂直平分线上,从中点到两侧,场强先增大后减小,无限远处场强为零。

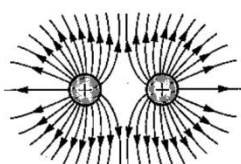


图 3

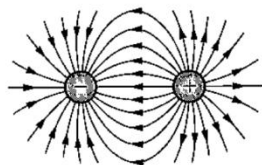


图 4

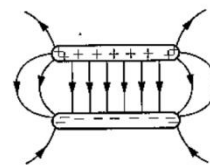


图 5

④ 等量异种电荷形成电场:如图 4 所示,在两电荷连线上,从一个电荷到另一个电荷场强先减小后增大,连线中点场强最小。在两电荷连线的垂直平分线上,从中点到两侧,场强逐渐减小,中点场强最大,无限远处场强为零。

⑤ 匀强电场(带等量异种电荷的平行金属板):如图 5 所示,两金属板之间区域场强的大小方向处处相等。

(四) 静电的防范和利用

1. 静电的危害

摩擦产生的静电,在生产和生活上,会给人们带来很多麻烦,甚至造成危害。

在印刷厂里,纸张之间摩擦带电,会使纸张粘在一起,难于分开,给印刷带来麻烦。在印染厂里,棉纱、毛线、人造纤维上的静电会吸引空气中的尘埃,使印染质量下降。静电对现代高精度、高灵敏度的电子设备颇有影响。带静电很多的人,会妨碍电子计算机的正常运行,会因火花放电击穿电子仪器的某些器件。

静电的最大危害是,放电火花会点燃某些易燃物质,引起爆炸。专门用来装汽油、柴油等液体燃料的卡车,在灌油和运输过程中,燃油与油罐摩擦、撞击产生的静电,如果没有及时引走,一旦电荷积累相当多,达到相当高的电压(可达上千伏),就会产生火花放电而引起爆炸。

2. 静电的防范

防止静电危害的基本方法是,尽快把静电引走,避免越积越多。油罐车的尾部装一条拖在地上的铁链,靠它把静电导入大地。飞机的机轮上通常装有搭地线,也有用导电橡胶做机轮轮胎的,着陆时把机身的静电引入大地。在地毯中夹杂导电纤维,对消除静电可以起到很好的效果。

静电与医学也有紧密的联系。医院手术使用的某种麻醉药是易燃气体,因此手术室禁止出现火花。为此,地砖都要用导电性能良好的材料制成;医护人员都要穿上由导电材料制成的鞋子和棉布外套,一切机械设备要良好接地,推车用导电橡胶轮;有时,甚至病人身体也要用导线接地。

增加湿度,可以使电荷随时放出,避免静电积累。工厂里保持一定的湿度,可以消除静电危害。

为了防止雷电的灾害,通常都使用避雷针。避雷针的尖端安装在建筑物的房顶,通过金属条与埋在地下的金属板相连,云层中大量电荷通过避雷针的尖端放电导入地下,避免了雷击,而没有安装避雷针的建筑物则有可能被雷电击中。

3. 静电的利用

静电既有需要防范的一面,也有有利的一面。

目前静电的应用已有多种,但依据物理原理几乎都是让带电的物质微粒在电场力作用下朝向电极方向运动并吸附到电极上。例如:静电除尘、静电植绒、静电喷涂、静电复印等。

除此之外,静电在农业、医学等方面还有许多应用。例如静电处理的种子抗疾病能力强,而且发芽率高,使产量得到提高;静电放电产生的臭氧是强氧化剂,有很强的杀菌作用;经过静电处理的水,既能除菌又不易起水垢;长期使用带有静电的薄膜还能治疗各种软组织损伤,它有活血化瘀、消炎消肿的作用。

三、课堂例题

★ 例题 1 关于带电粒子在电场中的运动轨迹与电场线的关系,下列说法中正确的是 ()。

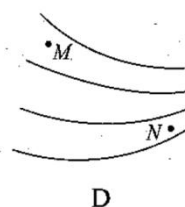
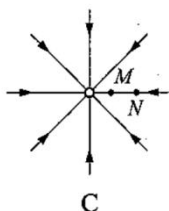
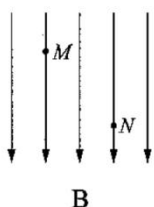
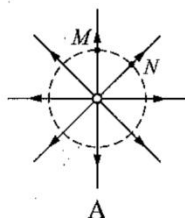
A. 带电粒子在电场中运动,如只受电场力作用,其加速度方向一定与电场线方向相同

B. 带电粒子在电场中的运动轨迹一定与电场线重合

C. 带电粒子只受电场力作用,由静止开始运动,其运动轨迹一定与电场线重合

D. 带电粒子在电场中运动轨迹可能与电场线重合

★ 例题 2 下图是四个电场的电场线。其中, A 和 C 中小圆圈表示一个点电荷, A 中虚线是一个圆, B 中几条直线间距相等且互相平行。则在下列图象中, M、N 处电场强度相同的是 ()。



★★ 例题 3 在 x 轴上有两个点电荷,一个带电量为 Q_1 ,另一个带电量为 Q_2 ,且 $Q_1 = 2Q_2$ 。用 E_1 和 E_2 分别表示两个点电荷产生的场强的大小,则在 x 轴上 ()。

A. $E_1 = E_2$ 的点只有一处,该处的合场强为 0

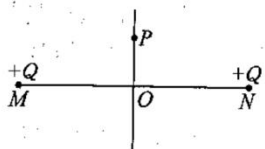
B. $E_1 = E_2$ 的点共有两处,一处的合场强为 0,另一处的合场强为 $2E_2$

C. $E_1 = E_2$ 的点共有三处,其中两处的合场强为 0,另一处的合场强为 $2E_2$

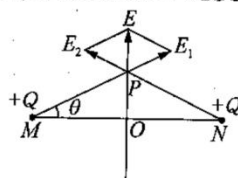
D. $E_1 = E_2$ 的点共有三处,其中一处的合场强为 0,另两处的合场强为 $2E_2$

★★ 例题4 如图(1)所示, M 、 N 为两个等量同种电荷, 带电量为 $+Q$, 在其连线的中垂线上的 P 点放一个静止的点电荷 q (负电荷), 不计重力。则下列说法中正确的是()。

- A. 点电荷在从 P 到 O 的过程中, 加速度越来越大, 速度也越来越大
- B. 点电荷在从 P 到 O 的过程中, 加速度越来越小, 速度越来越大
- C. 点电荷运动到 O 点时加速度为零, 速度达最大值
- D. 点电荷越过 O 点后, 速度越来越小, 加速度越来越大, 直到粒子速度为零

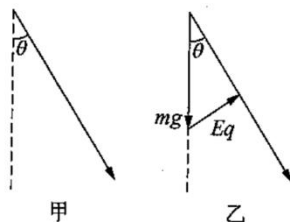


例4图(1)



例4图(2)

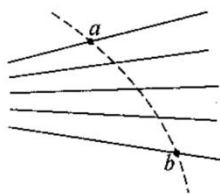
★★★ 例题5 在如图甲所示的匀强电场中, 将一质量为 m , 带电量为 q 的带电小球, 由静止释放, 带电小球运动轨迹为一直线, 该直线与竖直方向夹角为 θ , 不能忽略小球的重力, 则匀强电场的场强大小为()。



例5图

- A. 唯一值是 $\frac{mg \tan \theta}{q}$
- B. 最大值是 $\frac{mg \tan \theta}{q}$
- C. 最小值是 $\frac{mg \sin \theta}{q}$
- D. 最小值是 $\frac{mg \cos \theta}{q}$

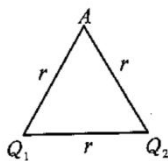
★★★ 题6 如图所示, 实线是一簇未标明方向的由点电荷产生的电场线, 虚线是某一带电粒子在该电场区域时的运动轨迹, a 、 b 是轨迹上的两点, 若带电粒子在运动中只受电场力作用, 据图象可以作出判断的是()。



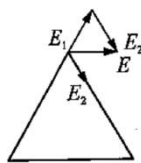
例6图

- 1. 带电粒子所带电荷的性质
- 2. 带电粒子在 a 、 b 两点的受力方向
- 3. 带电粒子在 a 、 b 两点的速度何处较大
- 4. 带电粒子在 a 、 b 两点的加速度何处较大

★★★ 例题 7 如图(1)所示,真空中两个点电荷 $Q_1 = +3.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 和 $Q_2 = -3.0 \times 10^{-8} \text{ C}$,它距 $r = 0.1 \text{ m}$, A 点与两个点电荷相距都为 r 。求 A 点的场强。



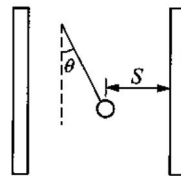
例 7 图(1)



例 7 图(2)

★★★★★ 例题 8 如图(1)所示,竖直放置的两块足够长的平行金属板间有匀强电场,其电场强度 E 。在该匀强电场中,用细线悬挂质量为 m 的带电小球,细线跟竖直方向成 θ 角时小球恰好平衡,此时小球距右侧金属板的距离是 S 。求:

- (1) 小球带电荷量是多少?
- (2) 如果剪断细线,那么小球碰到金属板需要多长时间?

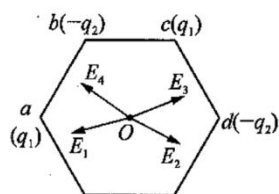


例 8 图(1)

★★★

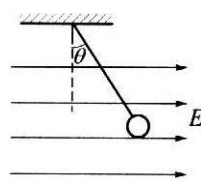
例题 9 如图所示,在正六边形的 a 、 c 两个顶点上各放一个带正电的点电荷,电荷量大小都是 q_1 。在 b 、 d 两个顶点上,各放一个带负电的点电荷,电荷量大小都是 q_2 ,已知 $q_1 > q_2$ 。六边形中心 O 点处的场强可以用图中的四条有向线段中的一条来表示,它是()。

- A. E_1
- B. E_2
- C. E_3
- D. E_4



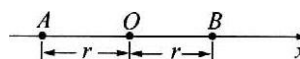
例 9 图

★★★★例题 10. 如图所示，一长为 L 的丝线上端固定，下端拴一质量为 m 的带电小球，将它置于一水平向右的匀强电场 E 中，当细线偏角为 θ 时，小球处于平衡状态，试问：



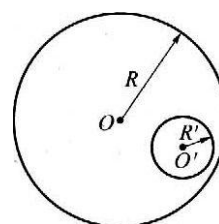
- (1) 小球的带电荷量 q 多大？
- (2) 若细线的偏角从 θ 增加到 ϕ ，然后由静止释放小球， ϕ 为多大时才能使细线到达竖直位置时小球速度恰好为零？【8】

★★★★★例题 11. 两个带正电的点电荷，带电量都是 Q ，固定放置在图中的 x 轴上 A 、 B 两点处，距原点 O 的距离都为 r 。若在



- (1) 当限制点电荷 q 只能在哪些方向上运动时，它在 O 处才是稳定的？
- (2) 讨论在这些方向上受扰动后，它的运动情况。

★★★★★例题 12. 如图所示，有一个均匀带电球体，球心为 O ，半径为 R ，电荷体密度为 ρ ，球内有一个球形的空腔，半径为 R' ， OO' 的距离为 a 。



- (1) 求 O' 处的场强 E' 。
- (2) 求证空腔内场强处处相同。

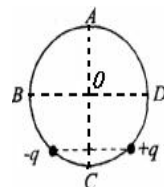
第五讲 电场 电场力的性质 (二)

一、基础训练

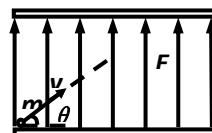
★1. 两个固定的异种点电荷，电量给定但大小不等，用 E_1 和 E_2 分别表示两个点电荷产生的电场强度的大小，则在通过两点电荷的直线上， $E_1 = E_2$ 的点()

- (A) 有三个，其中两处合场强为零 (B) 有三个，其中一处合场强为零
(C) 只有两个，其中一处合场强为零 (D) 只有一个，该处合场强不为零

★2. 如图所示，AC、BD 为圆的两条互相垂直的直径，圆心为 O。将等电量的正、负点电荷分别放在圆周上，它们的位置关于 AC 对称。则圆心 O 处的电场强度的方向为_____，要使圆心 O 处的电场强度为零，可在圆周上再放置一个适当电量的正点电荷 +Q，则该点电荷 +Q 应放在圆周上的_____点。



★★3. 如图所示，两块水平放置的带电平行金属板间有竖直向上的匀强电场。一个质量为 m 、带电量为 q 的油滴以初速度 v_0 进入电场，并在电场中沿直线运动了一段时间，空气阻力不计，则下列说法中错误的是 ()



- (A) 该油滴带正电
(B) 在这段时间内电场力所做的功等于油滴重力势能的变化
(C) 这段时间内油滴的机械能保持不变
(D) 在这段时间内油滴的动能保持不变

★★4. 如图所示实线为一匀强电场的电场线，虚线为一重力不计的带电粒子在电场中运动的轨迹，由图可知，该粒子带_____电（填“正”或“负”），若已知粒子向右运动，则其运动速度变_____。

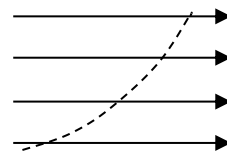


图 8-20

★★5. 如图所示，P、Q 为带电量分别为 +q 和 -q 的两个等量异种点电荷，两者相距 L，O 为 PQ 连线的中点，那么在 PQ 连线上的各点中 ()

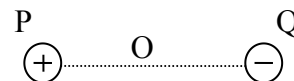
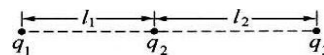


图 8-21

- (A) O 点的场强最大，大小为 $4kq/L^2$ (B) O 点的场强最大，大小为 $8kq/L^2$
(C) O 点的场强最小，大小为 $8kq/L^2$ (D) O 点的场强最小，大小为零

★★6. 如图所示， q_1 、 q_2 、 q_3 分别表示在一条直线上的三个点电荷，已知 q_1 与 q_2 之间的距离为 l_1 ， q_2 与 q_3 之间的距离为 l_2 ，且每个电荷都处于平衡状态。如 q_2 为正电荷，则 q_1 为_____电荷， q_3 为_____电荷。 q_1 、 q_2 、 q_3 三者电量大小之比是_____。



二、能力提高

★★★7. 如图 8-23，M、N 和 P 三点在以 MN 为直径的半圆弧上，O 点为半圆弧的圆心， $\angle MOP = 60^\circ$ 。两个电荷量相等、符号相反的点电荷分别置于 M、N 两点，这时 O 点电场强度的大小为 E_1 ；若将 N 点处的点电荷移至 P 点，则 O 点的场强大小变为 E_2 ， E_1 与 E_2 之比为 ()

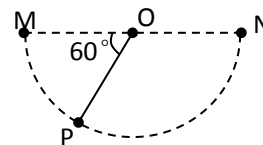
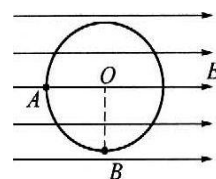


图 8-23

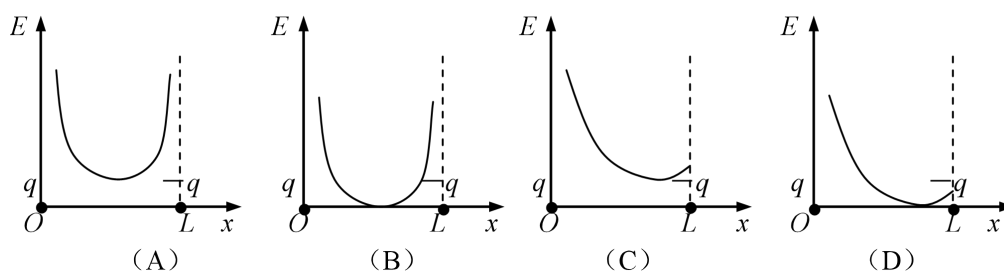
- (A) 1 : 2 (B) 2 : 1 (C) $2 : \sqrt{3}$ (D) $4 : \sqrt{3}$

- ★★★8. 两个完全相同的带电金属小球 A 和 B，电量分别为 $q_A = 6Q$ 、 $6Q$ 、 $7Q$ 、 $q_B = -Q$ ，相距 r (r 远大于小球半径) 放置时，两球球心连线中点处合场强大小为 E ，另有一与 A、B 相同的不带电的金属小球 C，若让 C 先与 A 接触，然后再与 B 接触后移走，则 AB 连线中点处的合场强大小为_____。

- ★★★9. 如图所示，有一水平方向的匀强电场，场强大小为 9000N/C ，在电场内一水平面上作半径为 10cm 的圆，圆上取 A、B 两点，AO 沿 E 方向， $BO \perp OA$ ，另在圆心处放一电量为 10^{-8}C 的正点电荷，则 A 处场强大小 $E_A = \underline{\hspace{2cm}}\text{N/C}$ ，B 处的场强大小 $E_B = \underline{\hspace{2cm}}\text{N/C}$ 。

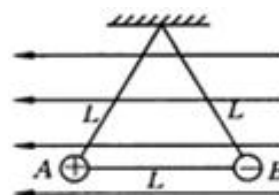


- ★★★10. 如图，两带电量分别为 q 和 $-q$ 的点电荷放在 x 轴上，相距为 L ，能正确反映两电荷连线上场强大小 E 与 x 关系的是图 ()



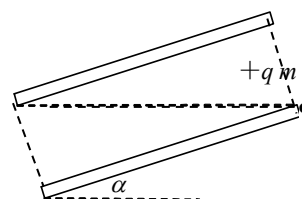
三、能力拓展

- ★★★11. 如图 8-26 所示，两根长为 L 的丝线下端悬挂一质量为 m 、带电量分别为 $+q$ 和 $-q$ 的小球 A 和 B，处于场强为 E ，方向水平向左的匀强电场之中，使长度也为 L 的连线 AB 拉紧，并使小球处于静止状态，问 E 的大小满足什么条件才能实现上述平衡状态？



- ★★★12. 如图 8-27 所示，两平行金属板带等量异号电荷，两板间距离为 d ，与水平方向成 α 角放置，一电量为 $+q$ 、质量为 m 的带电小球恰沿水平直线从一板的端点向左运动到另一板的端点，求：

- (1) 该电场的场强大小及小球运动的加速度大小
- (2) 小球静止起从一板到达另一板所需时间



第六讲 电场的能的性质(一)

一、知识梳理

(一) 电势能的确定

1. 电势能

电荷在电场中具有的能量,叫做电势能(E_p)。电势能是电荷与所在电场共有的,电势能与重力势能一样也是相对的,与参考位置的选取有关。

2. 零势能面的确定

零势能面的选取是任意的,但是为研究问题的方便,通常理论上选取无限远处为零势能面,实际中也常常选取大地为零势能面(也称为零势面)。

3. 电场力做功与电势能

电场力做正功,电荷的电势能减小;电场力做负功,电荷的电势能增加。

电场力所做的功等于电势能变化量的负值。 $W_{AB} = E_{pA} - E_{pB} = -\Delta E_p$ 。

4. 电势能的确定

① 将一个正电荷从无限远处(零势能面)移到正电荷形成的电场中某点,电场力做负功,电荷的电势能增加,故:正电荷在正电荷形成的电场中,电势能都大于零,即: $E_p > 0$ 。

② 将一个负电荷从无限远处(零势能面)移到正电荷形成的电场中某点,电场力做正功,电荷的电势能减小,故:负电荷在正电荷形成的电场中,电势能都小于零,即: $E_p < 0$ 。

③ 将一个正电荷从无限远处(零势能面)移到负电荷形成的电场中某点,电场力做正功,电荷的电势能减小,故:正电荷在负电荷形成的电场中,电势能都小于零,即: $E_p < 0$ 。

④ 将一个负电荷从无限远处(零势能面)移到负电荷形成的电场中某点,电场力做负功,电荷的电势能增加,故:负电荷在负电荷形成的电场中,电势能都大于零,即: $E_p > 0$ 。

5. 电场的基本特性

能够使放入其中的电荷具有电势能称为电场的能的性质。

(二) 电势

1. 电势

用来描述电场的能的性质的物理量叫做电势。电势跟电势能一样,并没有绝对的意义,只有先规定了某处的电势为零以后,才能确定电场中其他各点的电势的值。物理学在理论研究中常取无限远处的电势为零,在实际应用中又常取大地的电势为零。这同零势能面的选取是一样的。

① 定义:电荷在电场中某点具有的电势能跟它所带电量的比值,叫做电场中该点的电势。

② 表达式: $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 。

③ 国际单位是伏特,简称伏,符号是 V,且有 $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ 。

④ 电势是标量,电势在数值上等于单位正电荷在电场中该点具有的电势能。电势有正、负之分,表示相对零电势的高、低。

2. 电势的高低

由 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 和正电荷 q 在正电荷形成的电场中电势能 $E_p > 0$ (或负电荷在正电荷形成的电场中,电势能都小于零,即 $E_p < 0$),由此可以导出:在正电荷形成的电场中,电势 $\varphi > 0$;同理,

可以导出:在负电荷形成的电场中,电势 $\varphi < 0$ 。

沿电场线方向电势降低。

3. 电势差:电场中两点间电势的差值叫做电势差,又叫电压。 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = -U_{BA}$ 。

4. 电势能: $E_p = q\varphi$ 。

5. 电场力做功特点

$W_{AB} = E_{pA} - E_{pB} = q\varphi_A - q\varphi_B = q(\varphi_A - \varphi_B) = qU_{AB}$, 即电场力做功与路径无关,只与始末位置的电势差有关。因此,电势差还可以表示为: $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 。

注意:电势差是从能量角度表征电场的一个重要物理量。它是一个只属于电场的量。电场一旦确定,电场中任意两点的电势差也就确定了,与场中是否引入电荷无关,与零电势的选取无关(类比重力场中任意两点的高度差是唯一确定的,跟是否放置物体、坐标原点的选取均无关)。

6. 电势和场强

① 电势是反映电场的能的性质的物理量,而电场强度是反映电场的力的性质的物理量。

② 电势是标量,具有相对性,而电场强度是矢量。电势的正负有大小的含义,而电场强度的正负表示方向,并不表示大小。

③ 电势与电场强度的大小没有必然的联系,某点的电势为零,电场强度可能不为零,反之亦然。

④ 电势和电场强度都是由电场本身的因素决定的,与检验电荷无关。

注意:不要错误地认为场强大的地方电势一定高,或电势高的地方场强一定大等。不要错误地认为不论正、负电荷,总是在电势高的地方电势能大,电势低的地方电势能小。

(三) 等势面

1. 等势面

电场中电势相等的各点构成的面叫做等势面。等势面上任意两点间的电势差都为零。因此,在等势面上移动电荷电场力不做功。

2. 等势面的特点

① 在等势面上移动电荷电场力不做功。

② 等势面跟电场线垂直。

③ 电场线总是从电势较高的等势面指向电势较低的等势面。

④ 等势面的疏密也可以表示电场的强弱。

3. 典型电场的等势面

① 如图 1 所示为点电荷电场的等势面,是以点电荷为球心的同心球面。

② 如图 2 所示为等量异种电荷电场的等势面,其中两电荷连线的中垂面为零势面。

③ 如图 3 所示为等量同种电荷的等势面。

④ 如图 4 所示为匀强电场的等势面,是与电场线垂直的一簇平行平面。

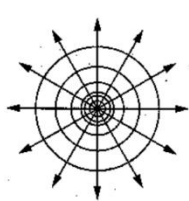


图 1

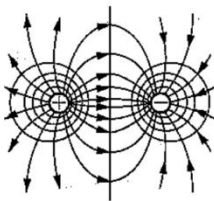


图 2

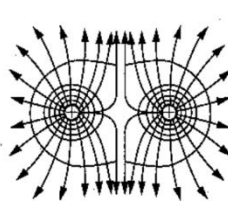


图 3

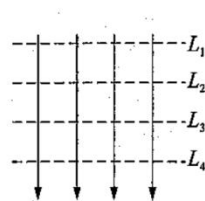


图 4

4. 电场线和等势面

① 电场线的方向为该点的场强方向,电场线的疏密表示场强的大小。

② 电场线互不相交,等势面也互不相交。

③ 电场线和等势面在相交处互相垂直。

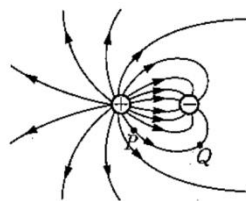
④ 电场线的方向是电势降低的方向,而且是降低最快的方向。

⑤ 电场线密的地方等差等势面密;等差等势面密的地方电场线也密。

二、课堂练习

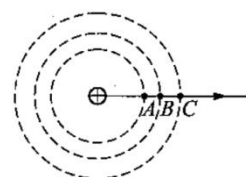
★★ 例题1 某静电场的电场线分布如图所示,图中 P 、 Q 两点的电场强度的大小分别为 E_P 和 E_Q ,电势分别为 φ_P 和 φ_Q ,则()。

- A. $E_P > E_Q, \varphi_P > \varphi_Q$
- B. $E_P > E_Q, \varphi_P < \varphi_Q$
- C. $E_P < E_Q, \varphi_P > \varphi_Q$
- D. $E_P < E_Q, \varphi_P < \varphi_Q$



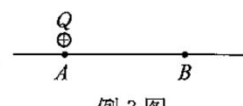
★★ 例题2 如图所示,三个同心圆是同一个点电荷周围的三个等势面。已知这三个圆的半径成等差数列, A 、 B 、 C 分别是这三个等势面上的点,且这三点在同一条电场线上。 A 、 C 两点的电势分别为 $\varphi_A = 10\text{ V}$ 和 $\varphi_C = 2\text{ V}$, 则关于 B 点的电势,下列说法中正确的是()。

- A. 一定等于 6 V
- B. 一定低于 6 V
- C. 一定高于 6 V
- D. 无法确定

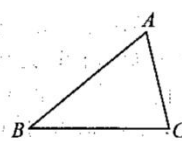


例2图

★★★ 例题3 如图所示将一个电荷量为 $Q = +3 \times 10^{-10}\text{ C}$ 的点电荷从电场中的 A 点移到 B 点的过程中,克服电场力做功 $6 \times 10^{-9}\text{ J}$ 。已知 A 点的电势为 $\varphi_A = -4\text{ V}$, 求 B 点的电势。

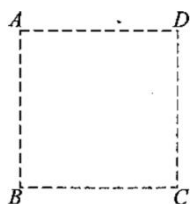


★★★ 例题4 已知 $\triangle ABC$ 处于匀强电场中。将一个带电量 $q = -2 \times 10^{-6}\text{ C}$ 的点电荷从 A 移到 B 的过程中,电场力做功 $W_1 = -1.2 \times 10^{-5}\text{ J}$;再将该点电荷从 B 移到 C ,电场力做功 $W_2 = 6 \times 10^{-6}\text{ J}$ 。已知 A 点的电势 $\varphi_A = 5\text{ V}$, 则 B 、 C 两点的电势分别为 _____ V 和 _____ V 。试在图甲中画出通过 A 点的电场线。



例4图(1)

★★★ 例题5 如图(1)所示, A 、 B 、 C 、 D 是匀强电场中一个正方形的四个顶点。已知 A 、 B 、 C 三点的电势分别为 $\varphi_A = 15\text{ V}$ 、 $\varphi_B = 3\text{ V}$ 、 $\varphi_C = -3\text{ V}$, 由此可得 D 点电势 $\varphi_D =$ _____。



例5图(1)

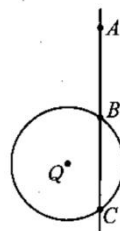
三、能力提高

★★★例6 关于电势与电势能的说法正确的是()。

- A. 电荷在电场中电势高的地方电势能大
- B. 在电场中的某点,电量大的电荷具有的电势能比电量小的电荷具有的电势能大
- C. 正电荷形成的电场中,正电荷具有的电势能比负电荷具有的电势能大
- D. 负电荷形成的电场中,正电荷具有的电势能比负电荷具有的电势能小

★★★★例7 如图所示,光滑绝缘细杆竖直放置,它与以正电荷为圆心的某一圆周交于B、C两点,质量为 m ,带电量为 $-q$ 的有孔小球从杆上A点无初速度下滑, $AB = BC = h$,到B点时的速度大小为 $\sqrt{3gh}$ 。求:

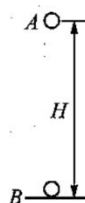
- (1) 小球由A到B过程中电场力做的功;
- (2) AC两点的电势差。



例7图

★★★★例8 如图所示,有两个完全相同的金属球A、B, B固定在绝缘地板上, A在离B高H的正上方由静止释放,与B发生正碰后回跳高度为h。设碰撞中无动能损失,空气阻力不计,以下说法正确的是()。

- A. 若A、B带等量同种电荷,则 $h > H$
- B. 若A、B带等量异种电荷,则 $h < H$
- C. 若A、B带等量异种电荷,则 $h > H$
- D. 若A、B带等量异种电荷,则 $h = H$

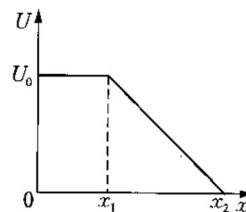


例8图

★★★★题9 质量为 $4 \times 10^{-18} \text{ kg}$ 的油滴,静止于水平放置的两平行金属板间,两板相距8 mm,间电势差的最大可能值是_____ V,从最大值开始,下面连贯的两个可能值是_____ V和_____ V。(取 $g = 10 \text{ m/s}^2$)

★★★★★题10 某静电场沿x方向的电势分布如图所示,则()。

- A. 在 $0 \sim x_1$ 之间不存在沿x方向的电场
- B. 在 $0 \sim x_1$ 之间存在着沿x方向的匀强电场
- C. 在 $x_1 \sim x_2$ 之间存在着沿x方向的匀强电场
- D. 在 $x_1 \sim x_2$ 之间存在着沿x方向的非匀强电场



例10图

第七讲 电场的能的性质(二)

一、知识梳理

(四) 匀强电场中电场强度与电势差的关系

场强是跟电场对电荷的作用力相联系的,电势差是跟电场力移动电荷做功相联系的。正像力和功有联系一样,场强和电势差也是有联系的。

如图5所示,在匀强电场中,电势沿AB、AC、AD的方向均降低,但沿AB方向降低最快。因此,场强的方向是电势降低最快的方向。

设A、B间的距离为 d ,电势差为 U ,场强为 E 。把正电荷 q 从A移动到B时,电场力 qE 做的功 $W = qEd$,还可以表示为 $W = qU$ 。因此有 $U = Ed$,即在匀强电场中,沿场强方向的两点间的电势差,等于场强和这两点间距离的乘积。

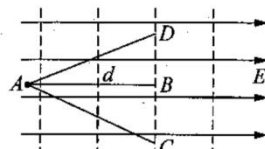


图5

1. 匀强电场的电场强度: $E = \frac{U}{d}$,即在匀强电场中,场强在数值上等于沿电场线方向每单位距离上降低的电势。

因此,场强的单位还可以表示为:伏/米,符号V/m, $1 \text{ V/m} = 1 \text{ N/C}$ 。

2. 关于公式 $E = \frac{U}{d}$ 和 $U = Ed$

- ① U 表示两点间的电势差; d 是两点连线在场强方向的投影(或两点在场强方向上的距离)。
- ② 两式适用于匀强电场的定量计算,也可用于非匀强电场的定性讨论。
- ③ 在匀强电场中沿任意一条直线相等距离电势差相等,两条平行直线上,相等距离电势差也相等。相互不平行的直线上,相等距离电势差不相等;相等距离沿电场线方向电势差最大。

(五) 电场中的电荷

1. 电荷在电场中,受电场力的作用 $F = Eq$,且具有一定的电势能 $E_p = q\varphi$ 。

2. 在电场中移动电荷电场力做的功 $W = qU = -\Delta E_p$ 。

在电场中移动电荷电场力做的功,与路径无关,只与始末位置的电势差有关。电场力所做的功等于电势能变化量的负值。

在只有电场力做功的情况下,电场力做功的过程使电势能和动能相互转化,总量保持不变。即: $W = -\Delta E_p = \Delta E_k$ 。

3. 电子伏(eV):是能量单位。将电子在电势差为1伏的两点间移动,电场力所做的功叫1电子伏。 $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ 。研究微观粒子能量时,常以电子伏为单位。

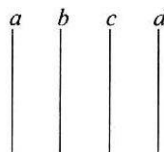
4. 分析问题常用规律和方法

- ① 电场线和等势面的疏密都表示场强的大小。
- ② 沿电场线方向电势降低。
- ③ 正电荷场中电势都大于零,负电荷场中电势都小于零(选无限远处为零势面)。
- ④ 电场线不相交,等势面也不相交;电场线和等势面互相垂直。
- ⑤ 电场力做正功,电势能减小;电场力做负功,电势能增加。
- ⑥ 场强为零处电势不一定为零(例如等量同种电荷连线中点),电势为零处场强不一定为零(等量异种电荷连线中垂面)。
- ⑦ 只有电场力做功时,动能和电势能的总和不变(与机械能守恒相类似)。

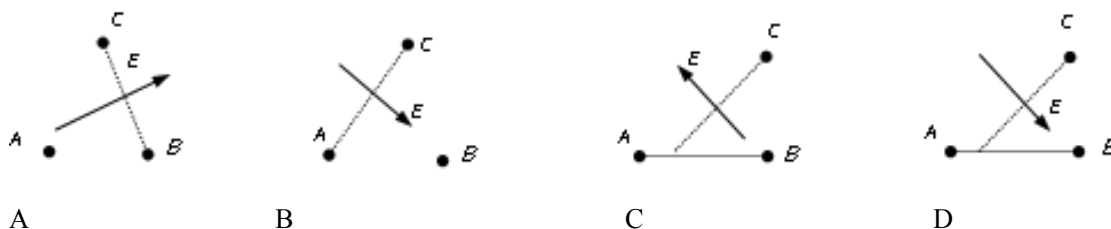
二、课堂练习

★★1. 如图所示, a、b、c、d 是某电场中的四个等势面, 它们是互相平行的平面, 并且间距相等, 下列判断中**错误**的是()

- (A) 该电场一定是匀强电场
- (B) 这四个等势面的电势一定满足 $U_a - U_b = U_b - U_c = U_c - U_d$
- (C) 如果 $U_a > U_b$, 则电场强度 $E_a > E_b$
- (D) 如果 $U_a < U_b$, 则电场方向垂直于等势面由 b 指向 a

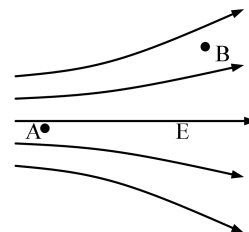


- ★★2. 如图中 A、B、C 是匀强电场中的三个点，各点电势即 $\varphi_A = 9\text{V}$ ， $\varphi_B = 2\text{V}$ ， $\varphi_C = 6\text{V}$ ，A、B、C 三点在同一平面上，下列各图中电场强度的方向表示正确的是()



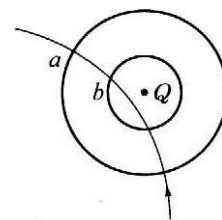
- ★★★3. 示波管电子枪发射的电子流为 $500\ \mu\text{A}$ ，经 6000V 电压加速后打到荧光屏上，每秒钟有_____个电子到达荧光屏，每个电子到达荧光屏的动能为_____电子伏特。

- ★★★4. 如图所示，把电量为 $-5 \times 10^{-9}\text{C}$ 的电荷，从电场中的 A 点移到 B 点，其电势能_____（选填“增大”、“减小”或“不变”）；若 A 点的电势 $U_A = 15\text{V}$ ，B 点的电势 $U_B = 10\text{V}$ ，则此过程中电场力做的功为_____。



- ★★★5. 如图，在点电荷 Q 的电场中，一个 α 粒子(${}^4_2\text{He}$)通过时的轨迹如图实线所示，a、b 为两个等势面，则下列判断中正确的是()

- (A) Q 可能为正电荷，也可能为负电荷
(B) 运动中粒子总是克服电场力做功
(C) α 粒子经过两等势面的动能 $E_{ka} > E_{kb}$
(D) α 粒子在两等势面上的电势能 $E_{pa} > E_{pb}$

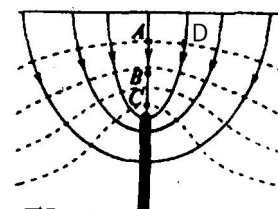


- ★★★6. 如图所示，在 a 点由静止释放一个质量为 m 、电荷量为 q 的带电粒子，粒子到达 b 点时速度恰好为零，设 ab 所在的电场线竖直向下，a、b 间的高度差为 h ，则 a、b 点中场强较大的是_____点，a、b 两点间的电势差 $U_{ab} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

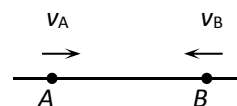


- ★★★7. 一带负电的粒子， $q = -2 \times 10^{-9}\text{C}$ ，在静电场中由点 A 运动到点 B，在此过程中，除电场力外，其他力做的功为 $6 \times 10^{-5}\text{J}$ ，粒子的动能增加了 $8 \times 10^{-5}\text{J}$ ，则 AB 两点间的电势差为_____。

- ★★★8. 如图所示，实线为电场线，虚线为等势线，且 $AB = BC = AD$ ，AD 两点在同一个等势面上，电场中的 A、B、C、D 四点的场强分别为 E_A 、 E_B 、 E_C 、 E_D ，电势分别为 φ_A 、 φ_B 、 φ_C 、 φ_D ，AB、BC、AD 间的电势差分别为 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{AD} ，则下列关系中正确的有()
- (A) $\varphi_A < \varphi_B < \varphi_C$ (B) $E_D > E_C > E_B > E_A$
(C) $U_{AB} = U_{BC}$ (D) $U_{AB} > U_{AD}$

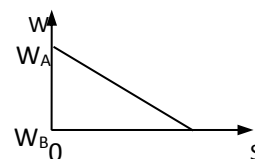


- ★★★9. 如图所示的直线是真空中某电场的一条电场线，A、B 是这条直线上的两点，一带正电粒子以速度 v_A 向右经过 A 点向 B 点运动，经过一段时间后，粒子以速度 v_B 经过 B 点，且 v_B 与 v_A 方向相反，不计粒子重力，下面说法正确的是（ ）



- (A) A 点的场强一定大于 B 点的场强
(B) A 点的电势一定高于 B 点的电势
(C) 粒子在 A 点的速度一定小于在 B 点的速度
(D) 粒子在 A 点的电势能一定小于在 B 点的电势能

- ★★★10. 如图，A、B 是一条电场线上的两个点，若在 A 点释放一初速为零的电子，电子仅受电场力作用，并沿此电场线从 A 运动到 B，其电势能随位移变化的规律如右图所示，设 A、B 两点的电场强度分别为 E_A 和 E_B ，电势分别为 φ_A 和 φ_B ，则：（ ）

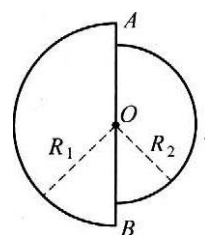


- (A) $E_A = E_B$ (B) $E_A < E_B$ (C) $\varphi_A > \varphi_B$ (D) $\varphi_A < \varphi_B$

- ★★★★11. 质量为 m 的带正电小球由空中 A 点无初速度自由下落，在 t 秒末加上竖直向上、范围足够大的匀强电场，再经过 t 秒小球又回到 A 点，不计空气阻力且小球从未落地，重力加速度为 g ，则（ ）

- (A) 整个过程中小球电势能改变了 $\frac{3}{2}mg^2t^2$
(B) 从 A 点到最低点小球重力势能变化了 $\frac{2}{3}mg^2t^2$
(C) 从加电场开始到小球运动到最低点时电势能改变了 $\frac{2}{3}mg^2t^2$
(D) 从加电场开始到小球运动到最低点时小球动能变化了 mg^2t^2

- ★★★★★12. 如图所示，两个同心的半球面相对放置，半径大小分别为 R_1 和 R_2 ，都均匀带电，电荷面密度分别为 σ_1 和 σ_2 . 求大球底面直径 AOB 上的电势分布.



第九讲 电路的基本概念 基本规律

一、知识梳理

1. 电 流

电流的形成:电荷的定向移动形成电流。

定义:通过导体横截面的电量跟通过这些电量所用时间的比值,叫做电流。

表达式: $I = q/t$

单位:国际单位是安培,简称安,符号是 A。安培是国际单位制中七个基本单位 之一。

电流是标量:规定正电荷定向移动的方向为电流方向,它与负电荷定向移动的方向相反。电流虽然有方向,但它不同于空间矢量,它是标量。

电路中,如果电流的方向不随时间而改变,这样的电流叫做直流电;如果电流的大小和方向都不随时间改变,这样的电流叫做稳恒电流;如果电流的大小和方向都随时间做周期性变化,这样的电流叫做交流电。在本单元,我们主要研究稳恒电流。

2.电压

定义:电压就是两点间的电势差。

单位:国际单位是伏特,简称伏,符号是 V

3.电阻

电阻:用来描述导体对电流阻碍作用的物理量。

定义:加在导体两端的电压跟通过导体的电流的比值叫做导体的电阻。

表达式: $R = U/I$ (比值法定义物理量)

单位:国际单位是欧姆,简称欧,符号是 Ω

4.欧姆定律

欧姆定律:导体中的电流强度跟导体两端的电压成正比,跟导体的电阻成反比。

表达式: $I = U/R$

适用范围:适用于金属、电和电解液导电,但对气体导电不适用。

伏安特性曲线:导体中电流和电压的关系还可以用图线来表示。用横轴表示电压 U ,纵轴表示电流 I ,画出的 $I-U$ 图线,这样的图线叫做导体的伏安特性曲线。

-如果某一电学元件的伏安特性曲线是过坐标原点的直线,这一电学元件就称为线性元件。如图 1 所示,电阻值是不变的,其阻值等于直线的斜率的倒数。伏安特性曲线是曲线的电学元件

称为非线性元件。非线性元件(如白炽灯)工作时,并不符合欧姆定律,但它在任一状态下\$的值

仍可定义为电阻,即对于任一状态 $R = U/I$ 还是成立的。如图 2 所示,电阻值是变化的,曲线上不同

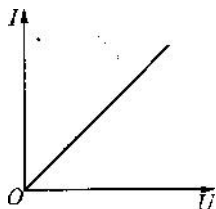


图 1

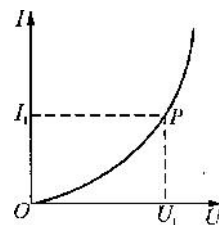


图 2

点对应的阻值是不同的。例如:P 点的阻值为曲线上这一点对应的坐标的比值,即: $R_1 = U_1/I_1$

*5.电阻定律 电阻率

电阻定律:导线的电阻跟它的长度成正比,跟它的横截面积成反比。

表达式: $R = \rho L/S$

电阻率:比例系数 ρ 是一个反映材料导电性能好坏的物理量,叫做材料的电阻率。国际单位是欧·米,符号是 $\Omega \cdot m$

各种材料的电阻率都随温度而变化,金属的电阻率随温度的升高而增大,因此金属导体的电阻也随温度的升高而增大。例如:白炽灯丝的伏安特性曲线就是一条曲线,灯丝电阻会随所加电压的增加而增大。利用金属电阻的这一特性还可以制成金属电阻温度计。有些合金,例如镍铜和锰铜的电阻率随温度的变化特别小,因此常用来制作标准电阻。

当温度降低到绝对零度附近时,某些金属、合金和化合物的电阻率会突然减小为零,这种现象叫做超导现象,处于这种状态的导体叫做超导体。超导体的电阻为零,它还具有其他的特殊性质,有很重要的应用价值。

半导体材料在温度升高或受到光照射时,它的导电性能将大大增强,这就是半导体的热敏特性和光敏特性。利用半导体的这些特性,可以制成阻值随温度或光照强弱明显变化的热敏电阻和光敏电阻,应用在很多自动控制系统中。

6.电功 电功率

电功:电路中,导体中的自由电荷在电场力作用下发生定向移动形成电流,此过程中电场力所做的功在本单元常常被说成是电流做的功,简称电功。

电流在一段电路上所做的功跟这段电路两端的电压、电路中的电流强度和通电时间成正比。

表达式: $W = UIt$

单位:国际单位是焦耳,简称焦,符号是 $1 J = 1 V \cdot A \cdot s$ 。

电功率:电流所做的功跟完成这些功所用时间的比值叫做电功率。一段电路上的电功率,跟这段电路两端的电压和电路中的电流成正比。

表达式: $P = W/t = UI$

单位:国际单位是瓦特,简称瓦,符号是 w

额定功率和实际功率:用电器的额定功率是用电器正常工作时的最大功率^额定功率与额定电压、额定电流相对应,即用电器通过的电流为额定电流时,其所加电压一定是额定电压,消耗的功率一定是额定功率。用电器的实际功率是用电器在实际工作时消耗的电功率。出于安全考虑,要求实际功率不能大于其额定功率。

7.电热 焦耳定律

电热:电流通过导体时要产生热,使导体的内能增加、温度升高。这就是电流的热效应。

焦耳定律:电流通过导体产生的热量,跟电流的平方、导体的电阻和通电时间成正比。

表达式: $Q = I^2 Rt$

电功与电热:电功是表示电路中电能转化到其他形式能多少的量度.电热是表示电能转化为内能多少的量度。电功和电热是两个不同的物理量。

纯电阻电路和非纯电阻电路

如果电路中只含有电阻元件,称为纯电阻电路。其特点:①服从欧姆定律 $I = U/R$;②电流

做功所消耗的电能全部转化为内能(电热),则有: $W = Q$ 即 $UI t = I^2 Rt = U^2 t/R$

如果电路中除了电阻外,还含有电动机、电解槽、充电器等能够将电能转化为机械能、化学能等其他形式能的用电器,这种电路称为非纯电阻电路。

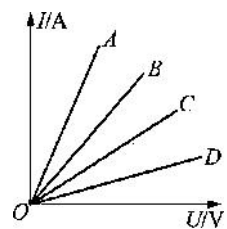
非纯电阻电路的特点:①不服从欧姆定律 $I=U/R$ ②电流做功除了将电能转化为内能以

外，还转化沟机械能、化学能等其他形式的能，此时有： $W>Q$ 。

二、课堂例题

★例题 1 有 A、B、C、D 四个电阻，它们的 I-U 关系如图所示，其中电阻最小的是（ ）。

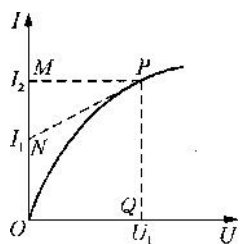
- A. A B. B
C. C D. D



例 1 图

★例题 2 如图所示为小灯泡通电后其电流 I 随所加电压 U 变化的 曲线。P 为图线上一点, PN 为曲线的切线, PQ 为 U 轴的垂线, PM 为 I 轴的垂线。则下列说法中正确的是 ()。

- A.随着所加电压的增大，小灯泡的电阻减小
- B.对应 P 点，小灯泡的电阻为 $R=U_1/I_2$
- C. 对应 P 点，小灯泡的电阻为 $R=U_1/(I_2-I_1)$
- D.对应 P 点，小灯泡的功率为图中矩形 PQOM 所围的面积



★★例題 3 一个白炽灯泡的额定功率和额定电压分别为 36 W 与 36 V 。若把这个灯泡接到输出电压为 18 V 的电源两端, 则灯泡消耗的电功率 ()。

- A. 等于 36 W
B. 小于 36 W, 大于 9 W
C. 等于 9 W
D. 小于 9 W

★★例题 4 在电源电压不变的情况下，为了使正常工作的电热器在单位时间内产生的热量增加一倍，下列措施可行的是()。

- A. 剪去一半的电阻丝
B. 并联一根相同的电阻丝
C. 串联一根相同的电阻丝
D. 使电热器两端的电压增大一倍

★★★例題 5 直流電動機提升重物。重物的質量 $m = 50 \text{ kg}$, 電路電壓為 120 V , 當電動機以 $v = 0.9 \text{ m/s}$ 的恒定速度向上提升重物時, 電路中的電流 $I = 5 \text{ A}$ 。那麼:

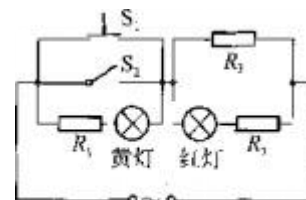
- (1) 电动机线圈的电阻 R 等于多少？
- (2) 电动机对该重物的最大提升速度是多少？
- (3) 如果电动机出现故障不能转动，此时通过电动机的电流是多大？电动机消耗的电功率是多少(取 $g = 10 \text{ m/s}^2$)？

★★★**例题 6** 为了防止酒驾事故的出现，酒精测试仪被广泛地应用。一种由酒精气体传感器制成的呼气酒精测试仪，当传感器接触到的酒精气体浓度增加时，其电阻值降低，如图(1)所示。当酒精气体的浓度为 0 时， R_1 的电阻为 $60\ \Omega$ ，在如图(2)所示的工作电路中，电源电压恒为 $8\ \text{V}$ ，定值电阻 $R_2=20\ \Omega$ 。那么：

-
- Figure 6(1) is a line graph showing the relationship between the resistance R_1 (in Ω) and the alcohol gas concentration (in mg/mL). The y-axis represents R_1/Ω and ranges from 0 to 90 with major grid lines every 10 units. The x-axis represents the alcohol gas concentration in mg/mL and ranges from 0 to 1.0 with major grid lines every 0.1 units. The curve starts at approximately (0, 60) and decreases as the concentration increases, approaching a value of about 10 Ω at 1.0 mg/mL .
- | Alcohol Gas Concentration (mg/mL) | Resistance R_1 (Ω) |
|--|-------------------------------|
| 0.0 | 60 |
| 0.1 | 45 |
| 0.2 | 35 |
| 0.3 | 28 |
| 0.4 | 24 |
| 0.5 | 21 |
| 0.6 | 19 |
| 0.7 | 17 |
| 0.8 | 16 |
| 0.9 | 15 |
| 1.0 | 14 |

★★★★例题 11 如图所示为电饭煲的电路图。 S_1 是一个手动控温开关，闭合后，当此开关温度达到居里点(103°C)时，会自动断开。 S_2 是一个自动控温开关，当温度低于 70°C 时，会自动闭合；温度高于 80°C 时，会自动断开。红灯是加热时的指示灯，黄灯是保温时的指示灯。电阻 $R_1=R_2=500\ \Omega$ ，加热电阻丝为 $R_3=50\ \Omega$ ，两灯电阻不计。

- (1) 分析电饭煲的工作原理；
- (2) 计算加热和保温两种状态下，电饭煲消耗的电功率之比；
- (3) 如果不闭合开关 S_1 ，能将饭煮熟吗？



例 11 图

★★★★例题 12 某商场安装了一台倾角为 30° 的自动扶梯，该扶梯在电压为 $380\ \text{V}$ 的电动机带动下以 $0.4\ \text{m/s}$ 的恒定速率向斜上方移动，电梯最大输出功率 $4900\ \text{W}$ 。不载人时测得电动机中的电流为 $5\ \text{A}$ ，忽略电动机的内阻。若载人时扶梯的移动速率和不载人时相同，则这台自动扶梯可同时乘载的最多人数为_____。(设人的平均质量为 $60\ \text{kg}$)

三、课后作业

- ★1. 电流做功的过程中，_____能转化为_____能，我们把电流所做的功叫做_____，用符号 W 表示，公式是_____。
- ★2. 利用直流电源给蓄电池充电，蓄电池两端电压为 $36\ \text{V}$ ，充电电流为 $3\ \text{A}$ ，充电时间为 $10\ \text{min}$ ，则整个充电过程中电流所做功为_____ J ，电源的电能为蓄电池的_____能。
- ★3. 某用户的家用电器中有 $300\ \text{W}$ 的电熨斗一个， $70\ \text{W}$ 的电视机一台， $60\ \text{W}$ 的电灯一盏和 $40\ \text{W}$ 的日光灯两盏。如果它们正常工作 $1\ \text{h}$ ，则消耗的电能为_____度。
- ★4. 电功率是_____与_____的比值，用符号_____表示，公式是_____。
- ★★5. 一个用电器上标有“ $2\ \text{k}\Omega$ ， $1\ \text{W}$ ”，允许加在这个用电器两端的最大电压为_____ V ，这个用电器允许通过的最大电流为_____ A 。当这个用电器两端加上 $20\ \text{V}$ 电压时，它实际消耗电功率为_____ W 。
- ★★6. 三个标有“ $100\ \Omega$ ， $4\ \text{W}$ ”、“ $12.5\ \Omega$ ， $8\ \text{W}$ ”、“ $90\ \Omega$ ， $10\ \text{W}$ ”字样的电阻，当它们串联时允许加的最大总电压是_____ V ，并联时允许通过的最大总电流是_____ A 。
- ★★7. 某品牌电动自行车的铭牌如下：

车型:20寸(车轮直径:508mm)	电池规格:36V, 12Ah(蓄电池)
--------------------	---------------------

整车质量:40kg	额定转速:210r / min
外形尺寸:L1800mm×W650mm×H1100mm	充电时间:2~8h
电机:后轮驱动、直流永磁式电机	额定工作电压 / 电流:36V / 5A

根据此铭牌中的有关数据, 可知该车电机的额定功率为()

- (A) 150w (B) 180w (C) 432w (D) 250w

★★★8. 由于电网供电电压的降低, 使用电器的电功率降低了 19%, 则这时电网供电电压比原来的电压降低了 ()

- (A) 81% (B) $\sqrt{19}\%$ (C) 10% (D) 19%

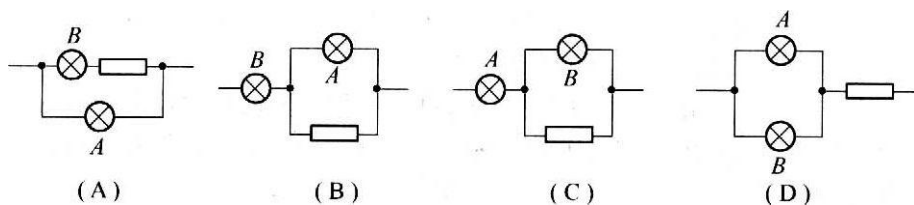
★★★9. 把 $R_1=8\Omega$ 、 $R_2=2\Omega$ 两个电阻串联到电路中, 要使两个电阻消耗的电功率相同, 下列方法中可行的是()

- (A) 给 R_1 并联一个阻值为 $8/3\Omega$ 的电阻 (B) 给 R_1 并联一个阻值为 8Ω 的电阻
(C) 给 R_2 串联一个 6Ω 的电阻 (D) 给 R_2 并联一个 6Ω 的电阻

★★10. 两个电阻, $R_1=8\Omega$ 、 $R_2=2\Omega$, 并联在电路中, 要使这两个电阻消耗的电功率相等, 下列办法中可行的是()

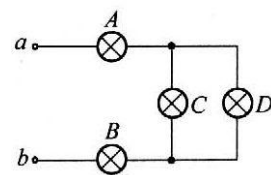
- (A) 用一个阻值为 2Ω 的电阻与 R_2 串联
(B) 用一个阻值为 6Ω 的电阻与 R_2 串联
(C) 用一个阻值为 6Ω 的电阻与 R_1 串联
(D) 用一个阻值为 2Ω 的电阻与 R_1 串联

★★★11. 两只额定电压均为 110V 的灯泡 A 和 B, 额定功率分别为 100W 和 40w, 为了使它们接到 220V 电源上能正常发光, 同时电路消耗的电功率又最小, 下图所示电路中最合理的是图().



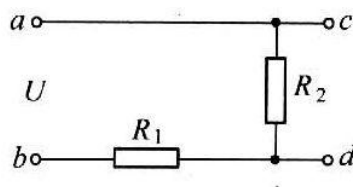
★★★★12. 如图所示电路中, 各灯额定电压和额定功率分别是: A 灯“10V, 10W”, B 灯“60V, 60W”, C 灯“40V, 40W”, D 灯“30V, 30W”. 在 (A) b 两端加上电压后, 四个灯都能发光. 比较各灯消耗功率的大小, 正确的是()

- (A) $P_B > P_D > P_A > P_C$ (B) $P_B > P_A > P_D > P_C$
(C) $P_B > P_D > P_C > P_A$ (D) $P_A > P_C > P_D > P_B$

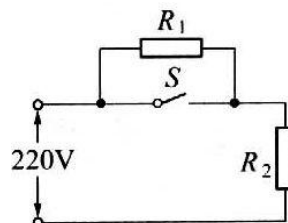


- ★★13. 一根电阻丝，在通过 $2C$ 的电量时，电功是 $8J$ ，若在相同时间内通过 $4C$ 的电量时，求电阻丝上的电流做的功和所加的电压分别是多少？

- ★★★14. 如图所示，(A) b 两端接到电压恒定的电源上，如果 (C) d 两端接一电压表，示数为 $60V$ ；如接一电流表，示数为 $3A$ ；如果在 (C) d 间接一电阻 R_3 ，则三个电阻消耗的功率相等。求 R_1 、 R_2 、 R_3 的阻值及 (A) b 间的电压(电表为理想表)。



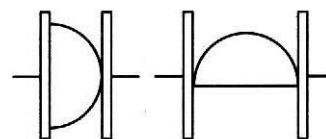
- ★★★15. 电饭锅工作时有两种状态：一种是锅内水烧干前的加热状态，另一种是锅内水烧干后的保温状态。如图所示是电饭锅电路的示意图，S 是用感温材料制造的开关， R_1 是电阻， R_2 是供加热用的电阻丝。



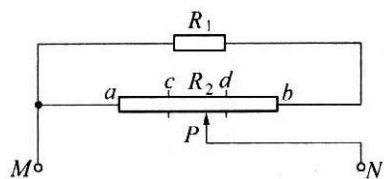
- (1) 试判断开关 S 接通时和断开时，电饭锅分别处于哪种工作状态，说明你的理由。

- (2) 如果要使 R_2 在保温状态时的功率是加热状态时的一半， R_1/R_2 应是多大？

- ★★★★16. 如图所示，现有半球形导体材料，接成两种形式，则两种接法的电阻值之比为_____。

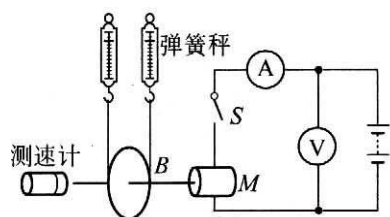


★★★★★17. 如图所示. 电阻 $R_1=6\Omega$, R_2 为滑动变阻器未接入电路时两固定端 a 、 b 之间的电阻, c 、 d 两点将 R_2 等分为三段. 按图接好电路后, 发现将滑片 P 分别滑到 c 点和 d 点时, M 、 N 间电路的等效电阻之比为 $3:4$. 把上述电路的 M 、 N 两端接到电动势为 E 、内电阻为 r 的电源两极上.



上. 当滑片 P 位于 d 点时, R_2 上损耗的电功率 $P_1=36W$. 如果 P 移到 b 端. 那么 R_1 上损耗的电功率 $P_2\geq 36W$. 求电动势 E 和内电阻 r 的取值条件.

★★★★★18. 如图所示, 直流电动机的轴与圆盘中心相连, 电键 S 断开时, 电压表的示数为 $12.6V$. 电键 S 闭合时, 电流表的示数为 $2A$, 电压表的示数为 $12V$. 圆盘半径为 $5cm$, 测速计测得转速为 $50r/s$, 两弹簧秤示数各为 $7.27N$ 和 $6.10N$. 问:



(1) 电动机的输入功率、输出功率、效率各为多少?

(2) 拉紧皮带可使电动机停转, 此时电压表、电流表的示数又各为多少? 电动机的输入功率又为多大?

第十讲 串联、并联组合电路及其应用

一、知识梳理

1. 串联电路

1) $I_1 = I_2 = \dots = I_n$

2) $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$, 电压分配: $U \propto R$ 。

3) $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

4) $P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$, 功率分配: $P \propto R$ 。

注意: $P_{\text{总}} = P_1 + P_2 + \dots + P_n$

2. 并联电路

1) $U_1 = U_2 = \dots = U_n$

2) $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$, 电流分配: $I \propto 1/R$ 。

注意: 并联电阻具有分流作用。电阻越小, 分得电流越大。

3) $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$ 注意: 总电阻小于任一导体的电阻。

4) $P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$, 功率分配: $P \propto 1/R$ 。

等级考要求

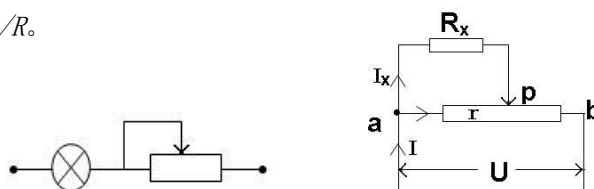
3. 电路混联以及滑动变阻器的接法

1) 限流式

2) 分压式

3) 分压式接法动态分析: 设路端电压 U 不变。当滑动变阻器的滑动触头 P 从 a 端滑向 b 端的过程中, 总电阻逐渐减小; 总电流 I 逐渐增大; R_x 两端的电压逐渐增大, 电流 I_x 也逐渐增大; 滑动

变阻器 r 左半部的电流 I' 将_____ (填变化情况)。



二、课堂例题

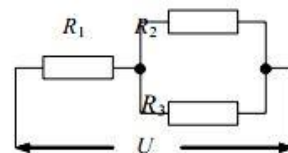
★★【例 1】(多选题) 把“220V、100W”的 A 灯和“220V、200W”的 B 灯串联起来, 接到 220V 的电路中, 导线的电阻不计, 则两灯 ()

(A) 电阻之比为 $R_A:R_B=2:1$ (B) 电压之比为 $U_A:U_B=1:2$

(C) 功率之比为 $P_A:P_B=2:1$ (D) 相同时间内电热之比为 $Q_A:Q_B=2:1$

★★【例 2】 R_1 、 R_2 和 R_3 三个电阻并联, 接在 $U=24V$ 电压的电路中, 已知干路中总电流为 R_3 中电流的 5 倍, 而 R_1 和 R_2 中电流之比为 5:3, R_3 上的功率为 19.2W, 求 R_1 、 R_2 和 R_3 的阻值各是多少?

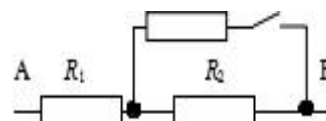
★★【例 3】已知 $R_1=1\Omega$, $R_2=2\Omega$, $R_3=3\Omega$, 连接成如图所示电路, 则通过电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 的电流关系是 $I_1:I_2=$ _____, $I_1:I_3=$ _____, 电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 两端的电压关系是 $U_1:U_2=$ _____, $U_1:U_3=$ _____, 电阻 R_1 和 R_2 消耗的电功率之比 $P_1:P_2=$ _____。



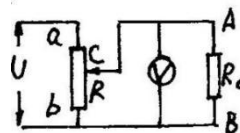
★★★【例 4】如图所示电路中, 若 $R_1=R_3=6\Omega$, $R_2=12\Omega$, A、B 两端接在电压恒定的电路上, 当电键 S 断开时, R_2 消耗的电功率为 3W, 求:

(1) 电路电压,

(2) S 闭合时, R_2 消耗的电功率。



★★★【例 5】如图所示，图为分压器电路，滑动变阻器总电阻为 R ，A、B 间负载电阻为 R_0 ，下列说法正确的是()

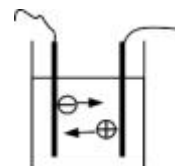


- A. 当 C 置于 R 的中点时， R_0 越大，电压表示数越接近 $U/2$
- B. 当 C 置于 R 的中点时， R_0 越小，电压表示数越接近 $U/2$
- C. 对于某一个确定的 R_0 ，C 从 R 的中间向 a 移动，才有可能使电压表示数为 $U/2$
- D. 对于某一个确定的 R_0 ，C 从 R 的中间向 b 移动，才有可能使电压表示数为 $U/2$

三、课后作业

★1. (多选题) 关于电流强度正确的是()

- A. 根据 $I=q/t$ 可知 I 与 q 成正比
- B. 任何相等的时间内通过导体横截面积电量相等，则导体中的电流是恒定电流
- C. 电流有方向，电流强度是矢量
- D. 电流强度的单位“安培”是国际单位制中的基本单位



★★2. 在图所示的电解槽中，已知每分钟有 3×10^{20} 个一价阳离子从阳极流向阴极，同时有 3×10^{20} 个一价阴离子从阴极流向阳极，则电解槽中的电流强度为_____A，电流方向是_____ (选填“向左”或“向右”)。



★★3. 用伏安法测量甲、乙、丙三个用不同材料制成的电阻时，得到了它们的 $I-U$ 关系图线，如图所示。由图线可知，在实验过程中，阻值保持不变的电阻是_____，阻值随着电压的增大而不断增大的电阻是_____。

★4. 关于电功和电功率，以下说法中正确的是()

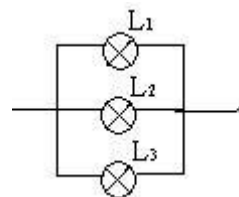
- A. 电流做功越多，单位时间内消耗的电能越多
- B. 电功率大的用电器，消耗的电能一定多
- C. 通电时间较长的用电器，消耗的电能较多
- D. 电能消耗越快的用电器，它的电功率一定越大

★5. 小灯泡标有“6 V、3 W”的字样，这里“6 V”表示它的_____，“3 W”表示它的_____。它正常工作时的电流是_____A，电阻是_____Ω。

★★6. 电阻 $R_1=3\Omega$ ， $R_2=6\Omega$ ， $R_3=2\Omega$ ，将它们并联后接入电路，其总电阻为_____Ω，流过它们的电流之比 $I_1:I_2:I_3=_____$ 。

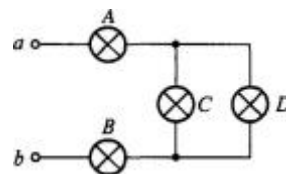
★★7. 电阻 R_1 和 R_2 并联于 A、B 间，已知电阻 $R_1=6\Omega$ ，A、B 间的总电阻为 2Ω ，则电阻 $R_2=_____$ Ω。若在 A、B 间加上 12V 的电压，则流过 A、B 间电路的总电流为_____A。

★★★8. 三个灯泡所标的额定值分别是 L_1 “220V、100 W”， L_2 “220V、40W”， L_3 “220V、25W”。如图所示连接。则：



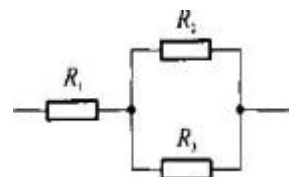
- (1) 各个灯泡两端的电压之比 $U_1:U_2:U_3$ 为_____；
- (2) 各灯泡中的电流强度之比 $I_1:I_2:I_3$ 为_____；
- (3) 各灯泡实际消耗的电功率之比 $P_1:P_2:P_3$ 为_____。

★★★9. 如图所示电路中，各灯额定电压和额定功率分别是：A 灯“10V、10W”，B 灯“60V、60W”，C 灯“40V、40W”，D 灯“30V、30W”。在 a、b 两端加上电压后，四个灯都能发光。比较各灯消耗功率的大小，正确的是()



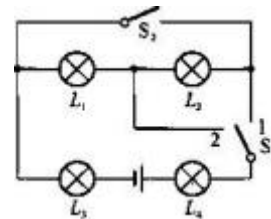
- A. $P_B > P_D > P_A > P_C$
- B. $P_B > P_A > P_D > P_C$
- C. $P_B > P_D > P_C > P_A$
- D. $P_A > P_C > P_D > P_B$

★★★10. 两个电阻， $R_1=8\Omega$ ， $R_2=2\Omega$ ，并联在电路中，欲使这两个电阻消耗的功率相等，可行的方法是()



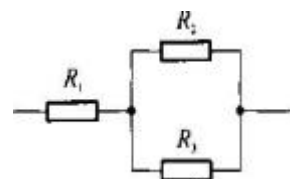
- A. 用一个阻值为 2Ω 的电阻与 R_2 串联
- B. 用一个阻值为 6Ω 的电阻与 R_2 串联
- C. 用一个阻值为 6Ω 的电阻与 R_1 串联
- D. 用一个阻值为 2Ω 的电阻与 R_1 串联

★★★★11. 四个灯如图所示连接, 电源内阻不计, 当将开关 S_2 断开, S_1 接通“1”时, L_1 最亮, L_2 与 L_4 最暗且亮度相同; 当将 S_1 接通“2”, 并把 S_2 闭合时, 则 _____ 最亮, _____ 最暗。



★★★★12. 一个用电器上标有“ $2k\Omega$ 、 $1W$ ”, 允许加在这个用电器两端的最大电压为 _____ V, 这个用电器允许通过的最大电流为 _____ A. 当这个用电器两端加上 $20V$ 电压时, 它实际消耗电功率为 _____ W。

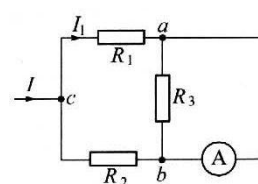
★★★★13. 三个标有“ 100Ω 、 $4W$ ”、“ 12.5Ω 、 $8W$ ”、“ 90Ω 、 $10W$ ”字样的电阻, 当它们串联时允许加的最大总电压是 _____ V, 并联时允许通过的最大总电流是 _____ A。



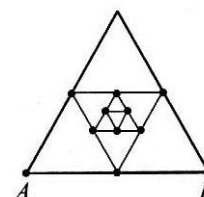
★★★★14. 银导线的横截面积 S , 通以大小为 I 的电流, 设银的密度为 ρ , 摩尔质量为 M , 阿伏伽德罗常数为 N_A . 若每个银原子可以提供一个自由电子, 则银导线每单位长度上的自由电子数的计算式 $n =$ _____.

★★★★15. 电子绕核运动可等效为一环形电流. 设氢原子中的电子沿半径为 r 的圆形轨道运动, 已知电子的质量为 m , 电子的电量为 e , 则其等效电流的大小等于 _____.

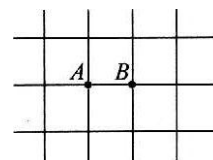
★★★★16. 如图所示电路中, 已知 $I = 3A$, $I_1 = 2A$, $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 5\Omega$, $R_3 = 30\Omega$, 则通过电流表的电流方向为向 _____, 电流的大小为 _____ A.



★★★★★17. 如图所示的为一种电路框架, 此框架是由同种金属制作的, 单位长度的电阻为 ρ , 一连串内接等边三角形的数目可认为趋向无穷. 取 AB 边长为 a , 以下每个三角形的边长依次减小一半. 试求框架上 A 、 B 两点间电阻 R_{AB} .

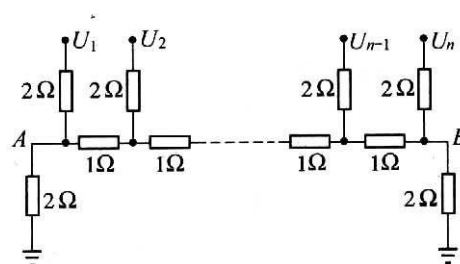


★★★★★18. 如图所示为一个无穷方格电阻丝网络的一部分，其中每一小段电阻丝的阻值都是 R ，求相邻两个结点 A、B 之间的等效电阻。



★★★★★19. 有若干电阻组成如图所示的电路，其中 A、B 两点的接地电阻是固定不动的，输入电压 U_1 、 U_2 、 $\dots$ 、 U_n ，仅取 1V 或者 0 两个值，0 表示接地。

- (1) 当 $n=3$ 时，B 点的输出电压有几个可能的值？
- (2) 当 $n=\infty$ 时，B 点最大输出电压为多少？



第十一讲 闭合电路的欧姆定律（一）

一、知识梳理

（一） 电动势

1. 电源和用电器

电源是将其他形式的能转化成为电能的装置;用电器是将电能转化成为其他形式能的装置。

2. 电动势

电动势是反映电源将其他形式能转化为电能本领大小的物理量。其大小仅由电源本身的特性决定，与外电路无关。它在数值上等于电路中通过 1C 电量时，电源所提供的电能。用符号 E 表示，单位与电压的单位相同，也是伏（V）。它等于电源没有接入外电路时两极间电压的大小,或者电源接入电路时，内外电压之和。

注意：电动势与电压是不同的物理量。

3. 路端电压和内电压

闭合电路由内电路（电源内部的电路）和外电路（电源外部的电路）组成电源内部的电阻称为内电阻，电流通过内电阻时产生的电势降落称为内电压；电源外部的电路称为外电路，其两端的电压称为外电压也叫路端电压。综上， $E=U_{\text{内}}+U_{\text{外}}$ 。

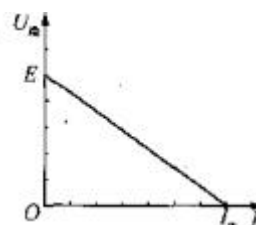
（二） 闭合电路的欧姆定律

1.定律的内容:闭合电路中的电流跟电源的电动势成正比，跟内外电阻之和成反比。

2.表达式： R 为外电路的电阻, r 为内电路的电阻。

3.路端电压： $U_{\text{端}} = E - Ir$ 。

4.图象:如图 1 所示，用横轴表示闭合电路的电流纵轴表示端压 $U_{\text{端}}$ 。对于闭合电路，当外电阻 R 变化时，端压和电流都随之变化。



① 当外电路断路时， $I = 0, U_{\text{端}} = E$ ；（纵轴截距表示电动势）。

② 当外电路短路时 $U_{\text{端}} = 0$, 电流有最大值 $I_m = E/r$ （横轴截距称为短路电流

③ 图线的斜率表示电源的内阻。

（三） 电路的功率

1-电路的总功率：电源提供的功率 $P_{\text{总}} = EI$

2.输出功率:外电路消耗的功率 $P_{\text{出}} = U_{\text{端}} I$

如图 2 所示,两条直线的交点坐标表示电动势为 E 、内阻为 r 的电源与电阻 R 组成闭合电路时的路端电压和电流，图中阴影部分的面积表示电源输出功率。

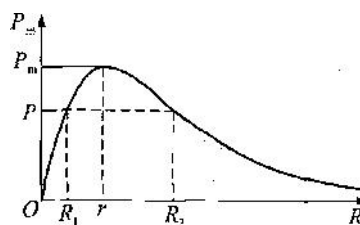
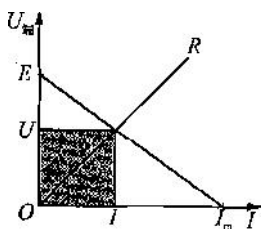


图 3

3.电源的损耗功率

电源内部发热功率 $P_{\text{内}} = I^2 r$ 。

电源总功率 $P_{\text{总}} = P_{\text{出}} + P_{\text{内}}$, 即 $EI = U_{\text{端}} I + U_{\text{内}} I$

4. 电源的效率：
$$\eta = \frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{总}}} = \frac{IU}{I\varepsilon} = \frac{U}{\varepsilon}$$

4. 纯电阻电路中电源的最大输出功率

$$P_{\text{出}} = I^2 R = \left(\frac{E}{R+r} \right)^2 R = \frac{E^2 R}{(R-r)^2 + 4Rr} = \frac{E^2}{\frac{(R-r)^2}{R} + 4r}$$

由上式可以看出，当外电阻 R 等于内电阻 r 时，电源的输出功率最大， $P_{\text{max}} = \frac{E^2}{4r}$

此时，输出功率与电源内部的发热功率相等，电源的效率 $\eta = 50\%$ ，电源的输出功率与外电阻之间的函数关系可以用如图 3 所示的图象定性地表示。由图象可知，对应于同一个输出功率 $P (P < P_m)$ ，可以有两个外电阻 R_1 和 R_2 。当外电阻接近内电阻时电源的输出功率变大，远离内电阻时，输出功率变小。

(四)电路分析和计算

1. 等效电路

将串、并联关系复杂、不直观的电路，等效画成简单、直观电路的过程称为电路的等效化简，这个过程是解题的关键。

电路简化的基本原则:没有电流的支路可直接去掉;电势相等的点直接合并;理想电流表可以看成短路;理想电压表可以看成断路;理想导线可长可短。常用的画等效电路的方法有: 结点法和等势法。

① 结点法:从电源的正极出发判定各支路及元件的电流流向，按电流流向，将各元件、结点、分支逐一画出，加工整理完成。

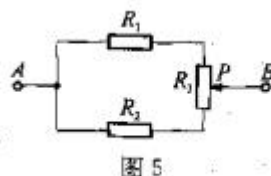
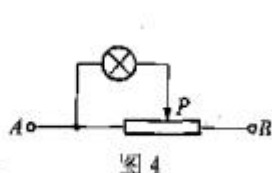
② 等势法:标出结点符号，根据电流流向判断出各结点电势的高低，电势相同的结点用相同的字母标出，将各结点按电势高低自左向右排列，再将各结点间的元件和支路画出来即可。

两种方法并不是孤立的，相互结合更有益于简化电路。"

2. 电路的动态分析

① 电路的变化主要方式有两种:一是由电键的闭合或断开而引起电路结构的变化，导致电路中的电阻、电流、电压、电功率等相关物理量发生变化;二是由电路中滑动变阻器滑动端位置的变化，引起电路电阻的改变，导致其他量的变化。

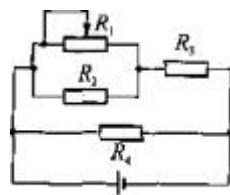
滑动变阻器的两种特殊连接形式:如图 4 所示，AB 间的总电阻随滑动变阻器接入电阻的变化而变化。如图 5 所示，当上下两支路的电阻相等时，AB 间的总电阻最大



③ 动态分析的方法:闭合电路中只要有一只电阻发生变化，就会影响整个电路，使总电阻和每一部分的电流、电压都发生变化。根据闭合电路欧姆定律、部分电路欧姆定律以及串、并联电路的分压、分流特点综合进行动态分析。

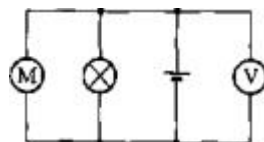
二、课堂例题

★★例题 1 如图所示，当滑动变阻器的滑动端 P 向左移动时，试分析各电阻电流、电压以及功率将如何变化。



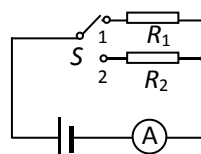
例 1 图

★★★例题 2 如图所示，电动机 M 和电灯 L 并联之后接在直流电源上，电动机内阻 $r' = 1\Omega$ ，电灯灯丝电阻 $R = 10\Omega$ ，电源电动势 $E = 12\text{V}$ ，电源内阻 $r = 1\Omega$ 。当电压表读数为 10V 时，求电动机对外输出的机械功率。

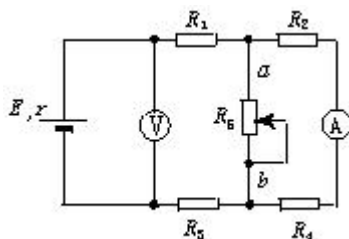


★★★例题 3 如图，电源的内阻不可忽略。已知定值电阻 $R_1 = 10\Omega$ ， $R_2 = 8\Omega$ 。当电键 S 接位置 1 时，电流表的示数为 0.20A 。那么当电键 S 接位置 2 时，电流表的示数可能是下列的哪些值（ ）

- A. 0.28A ;
B. 0.25A ;
C. 0.22A ;
D. 0.19A 。

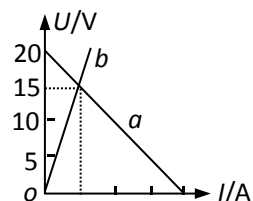


★★例题 4：在如图所示的电路中， R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 皆为定值电阻， R_3 为可变电阻，电源的电动势为 E ，内阻为 r ，设电流表 A 的读数为 I ，电压表 V 的读数为 U ，当 R_3 滑动触点向图中 a 端移动时（ ）



- A. I 变大, U 变小
B. I 变大, U 变大
C. I 变小, U 变大
D. I 变小, U 变小

★★例题 5：如图所示，图线 a 是某一蓄电池组的伏安特性曲线，图线 b 是一只某种型号的定值电阻的伏安特性曲线。若已知该蓄电池组的内阻为 2.0Ω ，则这只定值电阻的阻值为 $\underline{\hspace{2cm}}\Omega$ 。现有 4 只这种规格的定值电阻，可任意选取其中的若干只进行组合，作为该蓄电池组的外电路，则所组成的这些外电路中，输出功率最大时是 $\underline{\hspace{2cm}}\text{W}$ 。

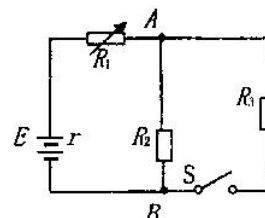


三、课后作业

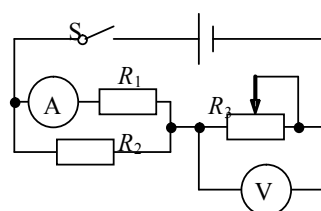
★★★1. 在如图所示的电路中，所用电源电动势 $E=10\text{V}$ ，内电阻 $r=1.0\Omega$ ，电阻 R_1 可调。现将 R_1 调到 3.0Ω 后固定。已知 $R_2=16\Omega$ ， $R_3=16/15\Omega$ ，求：

(1) 开关 S 断开和接通时，通过 R_1 的电流分别为多大？

(2) 为了使 A 、 B 之间电路的电功率在开关 S 接通时能达到最大值，应将 R_1 的阻值调到多大？这时 A 、 B 间电路消耗的电功率将是多少？

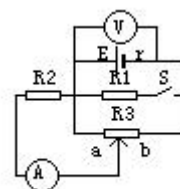


★★★★2. 图示电路中， $R_1=12\Omega$ ， $R_2=6\Omega$ ，滑动变阻器 R_3 上标有“ 20Ω ， 2A ”字样，理想电压表的量程有 $0-3\text{V}$ 和 $0-15\text{V}$ 两档，理想电流表的量程有 $0-0.6\text{A}$ 和 $0-3\text{A}$ 两档。闭合电键 S ，将滑片 P 从最左端向右移动到某位置时，电压表、电流表示数分别为 2.5V 和 0.3A ；继续向右移动滑片 P 到另一位置，电压表指针指在满偏的 $1/3$ ，电流表指针指在满偏的 $1/4$ ，则此时电流表示数为_____A，该电源的电动势为_____V。



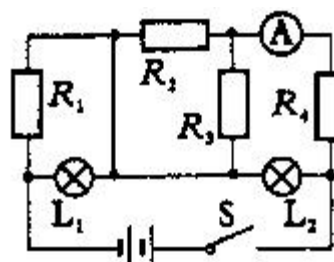
★★★3. 如图所示电路中，当变阻器 R_3 的滑动头 P 向 b 端移动时，（ ）

- A. 电压表示数变大，电流表示数变小；
- B. 电压表示数变小，电流表示数变大；
- C. 电压表示数变大，电流表示数变大；
- D. 电压表示数变小，电流表示数变小。



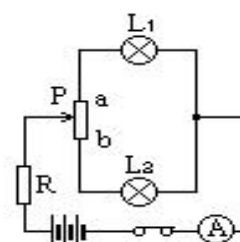
★★★4. 如图所示的电路，当闭合开关时，灯 L_1 、 L_2 正常发光。由于电路出现故障，突然发现灯 L_1 变亮，灯 L_2 变暗，电流表的读数变小。试根据上述现象判断，发生的故障可能是（ ）

- A. R_1 断路；
- B. R_2 断路；
- C. R_3 短路；
- D. R_4 短路。



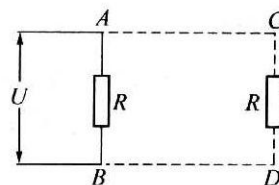
★★★5. 如图所示， L_1 和 L_2 是两个完全相同的灯泡，电源电动势为 E ，内电阻为 r ，当滑动变阻器滑动头 P 由 b 端逐渐向 a 端滑动时，电流表 A 的示数和 L_1 、 L_2 的亮度变化是（ ）

- A. A 的示数先变小后变大；
- B. A 的示数先变大后变小；
- C. L_1 灯先变暗后变亮；
- D. L_2 灯先变暗后变亮。



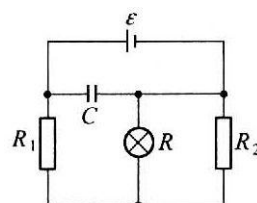
★★★6. 如图所示, A、B 两端的电压 U 一定, 电阻 R 先接在 A、B 两端, 消耗功率为 $9W$. 再将电阻 R 接在较远的 C、D 两端, 消耗功率为 $4W$. 在后一种情况下, 输电导线 AC、BD 共消耗功率为 ().

- (A) $2W$ (B) $3W$ (C) $4W$ (D) $5W$



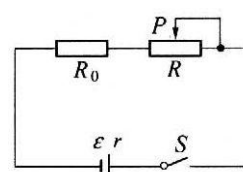
★★★7. (多选) 如图所示的电路中, 电源的电动势恒定. 要想使灯泡变暗, 可以 ().

- (A) 增大 R_1 (B) 减小 R_1 (C) 增大 R_2 (D) 减小 R_2



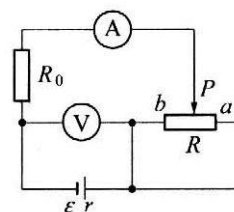
★★★★8. 如图所示, 电池组的电动势为 ϵ , 内电阻为 r , R_0 为定值电阻, R 为变阻器, 已知 $R_0 > r$. 为使 R_0 上消耗的电功率最大, 应将变阻器阻值调整到 ().

- (A) R_0 (B) $R_0 + r$ (C) $R_0 - r$ (D) 0



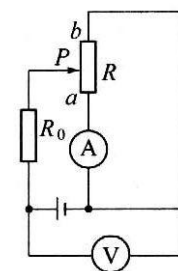
★★★★9. 如图所示, 电源的电动势和内阻分别为 ϵ 、 r , 在滑动变阻器的滑片 P 由 a 向 b 移动的过程中, 电流表、电压表的示数变化情况为 ().

- (A) 电流表先减小后增大, 电压表先增大后减小
(B) 电流表先增大后减小, 电压表先减小后增大
(C) 电流表一直减小, 电压表一直增大
(D) 电流表一直增大, 电压表一直减小

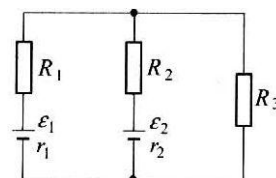


★★★★10. 如图所示的电路中, 电源内阻不能忽略, 电流表、电压表都可视为理想电表. 在滑动变阻器 R 的滑片 P 从 a 端移到 b 端的过程中 ().

- (A) ①表的示数先增大后减小, ④表的示数增大
(B) ①表的示数先增大后减小, ④表的示数减小
(C) ①表的示数先减小后增大, ④表的示数增大
(D) ①表的示数先减小后增大, ④表的示数减小



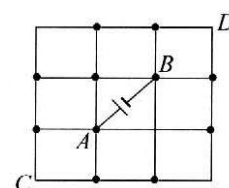
★★★★★11. 如图所示电路中, $\epsilon_1 = 6V$, $\epsilon_2 = 4.5V$, $R_1 = 9\Omega$, $R_2 = 19\Omega$, $R_3 = 50\Omega$, $r_1 = r_2 = 1\Omega$. 求分别通过两电源的电流及通过 R_3 的电流.



★★★★★12. 如图所示, 用均匀电阻线做成的正方形回路由九个小正方形组成, 小正方形每边的电阻均为 $r = 8\Omega$.

(1) 在 A、B 两点间接入电池, 其电动势 $\epsilon = 5.7V$, 内阻可忽略, 求通过电池的电流.

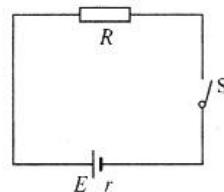
(2) 若用导线连接 C、D 两点, 求通过此导线的电流 (略去导线的电阻).



第十二讲 闭合电路的欧姆定律（二）

一、基础训练

- ★1. 导体中的电流，是由大量自由电荷_____而形成的，为了维持稳定的电流，必须在导体两端保持_____，有了以上条件，在导体内部就存在一个稳定的电场，正是这个电场产生的_____，使自由电荷定向移动，从而形成电流。
- ★2. 在伏打电池中，由于化学反应的结果，铜板带_____，电势较_____，锌板带_____，电势较_____，两板间形成静电场。如果在正负极板间连接一用电器R，在静电力的作用下，自由电子将由_____通过用电器流向_____。（填写“正电，负电，高，低，正极，负极”）
- ★3. 在伏打电池中，由于正负极总保持一定数量的正负电荷，所以电源内部总存在由_____指向_____的电场。因此在电源内部要使正电荷向正极移动就一定要有_____作用才行。
- ★4. 如图所示，当开关闭合后，电路中的能量转化情况是：在干电池内部，非静电力移动电荷做功，_____能转化为_____能。正电荷由电源的正极经外电路、内电路再回到电源的正极绕行一圈，电场力做功，_____能转化为_____能。
- ★5. 包含_____、_____和导线等的完整回路叫做闭合电路或全电路。闭合电路可以分成两部分，一部分是电源外部的电路叫做_____，另一部分是电源内部的电路叫做_____。
- ★6. 外电路两端的电压_____电源两极之间的电压，叫做_____或_____，内电路两端的电压叫做_____，它_____电源正负极之间的电压，而是电源内部靠近极板的两点间的电压。（填“端电压，外电压，内电压，就是，不是”）



二、能力提高

- ★★7. 关于闭合电路中静电力和非静电力的作用，正确的说法是（ ）
- (A) 静电力使电荷做定向运动，非静电力阻碍电荷做定向运动
- (B) 非静电力使电荷做定向运动，静电力阻碍电荷做定向运动
- (C) 静电力和非静电力都使电荷做定向运动，对循环回路来说两者使电荷沿电路运动的方向相同
- (D) 静电力和非静电力都使电荷做定向运动，对循环回路来说两者使电荷沿电路运动的方向相反
- ★★8. 关于电源的电动势，下面叙述正确的是（ ）
- (A) 电源的电动势就是接在电源两极间的电压表测得的电压
- (B) 同一电源接入不同的电路，电动势就会发生变化
- (C) 电源的电动势是表示电源把其他形式的能转化为电能本领大小的物理量
- (D) 在闭合电路中，当外电阻变大时，路端电压增大，电源的电动势也增大
- ★★9. 关于电源电动势，以下叙述中不正确的是（ ）
- (A) 电动势描述电源把其他形式能转化为电能的本领

- (B) 在闭合电路中，内、外电压之和等于电源电动势
 (C) 电场力做的功与其移动电荷量的比值等于电源电动势
 (D) 电源的电动势与外电路无关

★★10. 某计算器电池，电动势为 1.2V，若在电路中用 1.2s 时间移送 2C 的电荷量。求：

- (1) 电源把多少焦耳的其他形式的能转化为电能？
 (2) 非静电力做功的功率多大？

★★11. 由六节干电池串联组成的电池组，对一电阻供电，电路中的电流为 2A，在 10s 内电源做功为 180J，则电源的电动势为多少？

★★12. 有一蓄电池，当移动 1C 电荷时非静电力做功是 2J，该蓄电池的电动势是多少？给一小灯泡供电，供电电流是 0.2A，供电 10min，非静电力做功是多少？

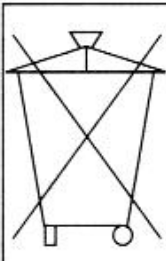
★★★13. 单位正电荷沿闭合电路移动一周，在内外电路中释放的总能量决定于（ ）

- (A) 电源的电动势 (B) 通过电源的电流
 (C) 路端电压的大小 (D) 内外电阻之和

★★★14. 以下说法中正确的是（ ）

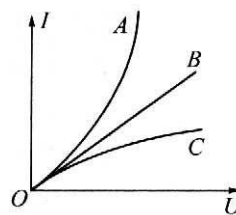
- (A) 在外电路中和电源内部，正电荷都受静电力作用，所以能不断定向移动形成电流
 (B) 静电力与非静电力都可以使电荷移动，所以本质上都是使电荷的电势能减少
 (C) 在电源内部，正电荷能从负极到正极是因为电源内部只存在非静电力而不存在静电力
 (D) 静电力移动电荷做功，电势能减少，非静电力移动电荷做功，电势能增加

★★★15. 如图所示的是两个电池外壳的说明文字。进口电池的电动势是_____V；国产电池最多可放出_____mAh 的电荷量，若电池平均工作电流为 0.03 A，则最多可使用_____h。

	某型号进口电池 RECHARGEABLE 1.2 V 600 mAh STANDARD CHARGE 15 h ac 50 mA	某型号国产电池 GNY0.6(KR—AA) 1.2 V 600 mAh RECHARGEABLE STANDARD CHARGE 15 h ac 60 mA
---	---	---

★★★16. 元件 A、B、C 的伏安曲线如图所示，三个元件在相同的电压作用下，相同时间内发出的热量 Q_A 、 Q_B 、 Q_C 之间的关系是()。

- (A) $Q_A=Q_B=Q_C$
 (B) $Q_A>Q_B>Q_C$
 (C) $Q_A<Q_B<Q_C$
 (D) 因 A、C 是非线性元件，故无法判断

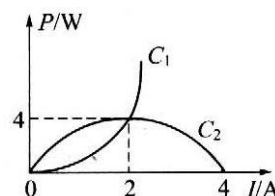


★★★17. (多选题) 实验室中有电流表、电压表、电阻箱、滑线变阻器等仪器，下列各种仪器的组合(加上导线、电键)，恰好可以用来测定一节干电池的电动势、内电阻的是()。

- (A) 电流表、电压表、滑线变阻器
 (B) 电流表、电压表、滑线变阻器、电阻箱
 (C) 电流表、电阻箱
 (D) 电压表、电阻箱

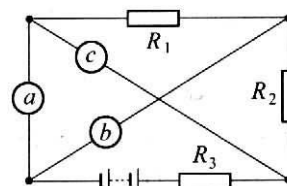
★★★★18. 如图所示，抛物线 C_1 、 C_2 分别是纯电阻直流电路中，内、外电路消耗的电功率随电流变化的图线。由该图可知下列说法中错误的是()。

- (A) 电源的电动势为 4V
 (B) 电源的内电阻为 1Ω
 (C) 电源输出功率最大值为 8W
 (D) 电源被短路时，电源消耗的最大功率可达 16W



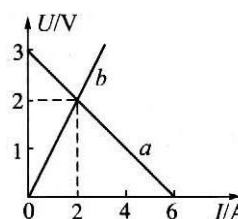
★★★★19. 如图电路，a、b、c 分别表示电流表或电压表，电表都是理想的，则下列各组电表示数中可能的是()。

- (A) $a=1A$ ， $b=2V$ ， $c=0.5A$
 (B) $a=2V$ ， $b=0.5A$ ， $c=1A$
 (C) $a=0.5A$ ， $b=1A$ ， $c=2V$
 (D) $a=2V$ ， $b=1A$ ， $c=0.5A$



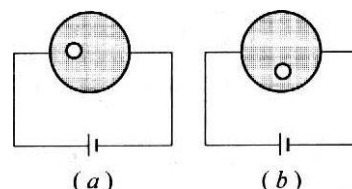
★★★★20. 如图所示，直线 a 为电源的 $U-I$ 图线，直线 b 为电阻 R 的 $U-I$ 图线，用该电源和该电阻组成闭合电路时，电源的输出功率和电源的效率分别为()。

- (A) 4W、33.3% (B) 2W、33.3%
 (C) 4W、67% (D) 2W、67%



★★★★★21. 如图所示，两个完全相同的均匀圆形合金片卜各开了一个等大的小孔。现按(a)、(b)两种连接方式接在电路上。若两个电池的规格相同，内阻不计，在相等的时间内，合金片发热较多的接法是()。

- (A) (a) 接法 (B) (b) 接法
 (C) 两种接法一样 (D) 无法确定



第十三讲 磁场 磁感线

一、知识梳理

(一) 认识磁场

1. 磁场的属性

当两个磁体相互靠近时,它们之间就会有力的作用。同名磁极互相排斥,异名磁极互相吸引。正如电荷周围有电场形成,电荷之间的作用是通过电场发生的一样;磁体周围有磁场形成,磁体和磁体之间的作用、磁体和电流之间的作用、电流和电流之间的作用都是通过磁场发生的。

磁场和电场一样,都是客观存在的物质。

2. 磁场的形成

磁体并不是磁场的唯一来源,电流在其周围空间也可以产生磁场,这种现象称之为“电流的磁效应”,最早是由丹麦的物理学家奥斯特发现的。它首次揭示了“电和磁”之间的联系。

3. 磁场的基本特性

对放入其中的磁体或电流有力的作用。

所有的磁作用,即磁极和磁极、磁极和电流、电流和电流之间的作用都是通过磁场发生的,都遵循牛顿第三定律。

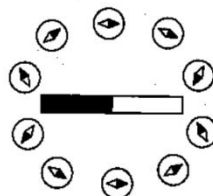


图 1

(二) 磁感线

1. 磁场的方向

规定:在磁场中的任一点,小磁针 N 极的受力方向,亦即静止小磁针 N 极的指向,为该点的磁场方向。

2. 磁感线

像在电场中引入“电场线”来形象化地描绘电场一样,在磁场中引入“磁感线”来形象化地描绘磁场。即在磁场中画出一些有方向的曲线,曲线上每一点的切线方向都跟该点的磁场方向相同,且曲线的疏密可以反映磁场的强弱。

磁感线是为了形象地描述磁场而人为引入的曲线,并不是客观存在着的线。磁感线是闭合曲线(这一点与电场线不同)。在磁铁或通电螺线管外部的磁感线方向是由 N 极指向 S 极的,在磁铁内部或通电螺线管内部的磁感线方向都是由 S 极指向 N 极的。

3. 磁体的磁场

① 条形磁铁的磁场:如图 2 中(1)所示。

② 蹄形磁铁的磁场:如图 2 中(2)所示。

③ 地磁场:我们生活的地球也是一个大的磁体。如图 3 所示,地磁场的 N 极在地理南极附近,地磁场的 S 极在地里的北极附近。与条形磁铁相类似。在地理南极磁场方向竖直向上;地理北极磁场方向竖直向下;赤道的磁场方向水平向北;南半球的磁场方向北偏上;北半球的磁场方向北偏下。

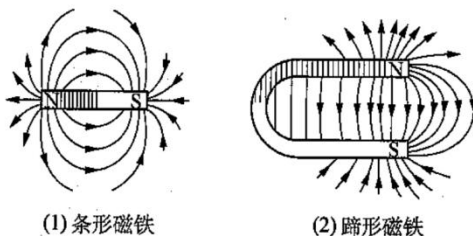


图 2

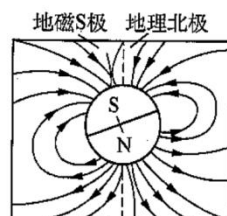


图 3

4. 电流的磁场

实验表明,通电导线的形状不同,其周围磁场的磁感线形状也不同,导线中电流的方向发生变化,磁感线的方向也随之发生变化。电流方向与磁场方向之间的关系可以通过安培定则(右手螺旋定则)确定。

① 直线电流的磁场

右手螺旋定则(安培定则):用右手握住直导线,让伸直的大拇指所指的方向跟电流的方向一致,弯曲的四指所指的方向就是磁感线的环绕方向。

如图4所示,直线电流的磁场可以有几种不同的画法。

说明:图中的“×”号表示磁场方向垂直纸面向里,“·”号表示磁场方向垂直纸面向外。直线电流的磁场无磁极,非匀强,距导线越远处磁场越弱。

② 环形电流的磁场

右手螺旋定则(安培定则):用右手握住环形导线,让弯曲的四指所指的方向跟电流方向一

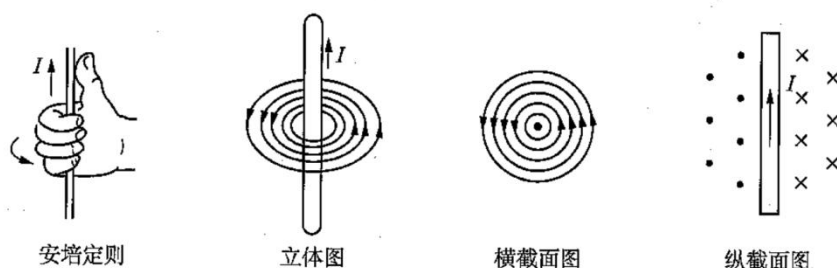


图4

致,伸直的大拇指所指的方向就是环形导线中心轴线上的磁感线方向。

如图5所示为环形电流磁场的几种画法。

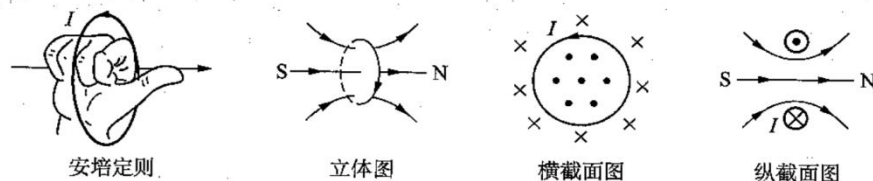


图5

③ 通电螺线管的磁场

右手螺旋定则(安培定则):用右手握住螺线管,让弯曲的四指所指的方向跟电流方向一致,大拇指所指的方向就是螺线管内部的磁感线方向。

如图6所示为通电螺线管磁场的几种画法。

说明:通电长直螺线管外部的磁场分布跟条形磁铁外部的磁场分布情况相同。

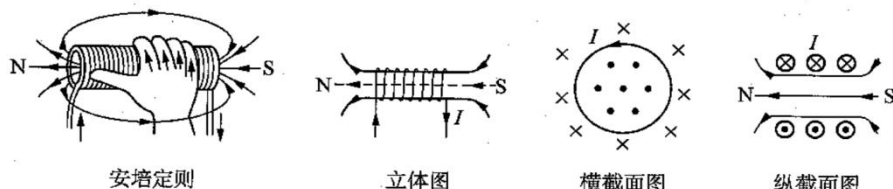


图6

5. 匀强磁场

① 定义:如果磁场的某一区域里,磁感应强度的大小和方向处处相同,这个区域的磁场叫做匀强磁场。

② 特点:匀强磁场中的磁感线是等间距的平行直线。

距离很近的两个异名磁极之间的磁场,如图7所示,通电螺线管内部的磁场,除边缘部分外,都可以认为是匀强磁场。

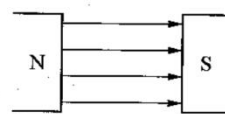


图7

二、课堂例题



例题 1 在地球赤道上空,有一小磁针处于水平静止状态,现在突然发现小磁针 N 极向东偏转,由此可知()。

- A. 一定是小磁针正东方向上有一条形磁铁的 N 极靠近小磁针
- B. 一定是小磁针正东方向上有一条形磁铁的 S 极靠近小磁针
- C. 可能是小磁针正上方有电子流自南向北水平通过
- D. 可能是小磁针正上方有电子流自北向南水平通过



例题 2 19 世纪 20 年代,以塞贝克(数学家)为代表的科学家已认识到:温度差会引起电流。安培考虑到地球自转造成了太阳照射后正面与背面的温度差,从而提出如下假设:地球磁场是由地球的环形电流引起的。那么该假设中的电流方向是()。

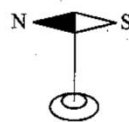
- A. 由西向东垂直磁子午线
- B. 由东向西垂直磁子午线
- C. 由南向北沿子午线
- D. 由赤道向两极沿子午线

(注:磁子午线是地面某点及地球磁场 N 极、S 极所确定的平面与地球表面的交线)



例题 3 如图所示,一束带电粒子沿水平方向飞过磁针的上方,并与小磁针指向平行,能使小磁针的 N 极转向读者,那么这束带电粒子可能是()。

- A. 向右飞行的正离子束
- B. 向左飞行的正离子束
- C. 向右飞行的负离子束
- D. 向左飞行的负离子束

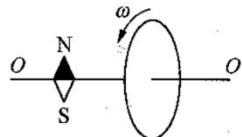


例 3 图



例题 4 如图所示,带负电的金属环绕轴 OO' 以角速度 ω 匀速旋转,在环左侧轴线上的小磁针最后平衡的位置是()。

- A. N 极竖直向上
- B. N 极竖直向下
- C. N 极沿轴线向左
- D. N 极沿轴线向右



例 4 图



例题 5 某同学在北京将一根质量分布均匀的条形磁铁用一条细线悬挂起来,使它平衡并呈水平状态,则悬线系住条形磁铁的位置是()。

- A. 磁铁的中心处
- B. 磁铁的某一磁极处
- C. 磁铁中心的北侧
- D. 磁铁中心的南侧



例题 6 磁性是物质的一种普遍属性,大到宇宙中的星球,小到电子、质子等微观粒子几乎都会呈现出磁性。地球就是一个巨大的磁体,其表面附近的磁感应强度约为 $3 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-5} \text{ T}$, 甚至一些生物体内也会含有微量强磁性物质,如 Fe_3O_4 。研究表明:鸽子正是利用体内所含有的微量强磁性物质在地磁场中所受的作用来帮助辨别方向的。如果在鸽子的身上绑一块永磁体材料,且其附近的磁感应强度比地磁场更强,那么()。

- A. 鸽子仍能辨别方向
- B. 鸽子更容易辨别方向
- C. 鸽子会迷失方向
- D. 不能确定鸽子是否会迷失方向

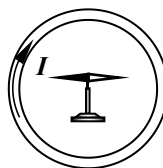
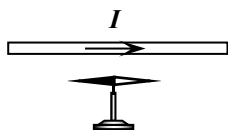


例题 7 科学研究表明,地球自西向东的自转速度正在变慢,假如地球的磁场是由地球表面带电引起的,则可以断定()。

- A. 地球表面带正电,由于地球自转变慢,地磁场将变弱
- B. 地球表面带正电,由于地球自转变慢,地磁场将变强
- C. 地球表面带负电,由于地球自转变慢,地磁场将变弱
- D. 地球表面带负电,由于地球自转变慢,地磁场将变强

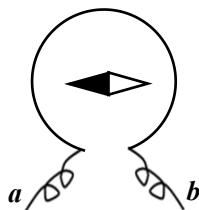
三、课后作业

- ★1. (1) 如图所示,水平直导线下方平行放置一小磁针,当导线中通入向右方向电流时小磁针的 N 极偏转的方向是_____。



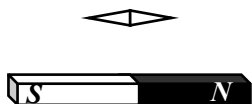
- (2) 如图所示,环形导线中间有一小磁针和线圈平面平行,当通有电流时,小磁针 N 极偏转的方向是_____。

- ★2. 如图所示为一环型线圈,通电后位于线圈中央的小磁针的 N 极转向垂直纸面向外,则线圈上的 a 接线柱与电源的_____极相连。



- ★★3. 如图所示,一根直导线的上方有一小磁针,当直导线中通以向左方向的电流时,小磁针的_____极将转向纸外。

- ★★4. (1) 如图所示,有一小磁针静止在条形磁铁的上方,试标出小磁针的极性。



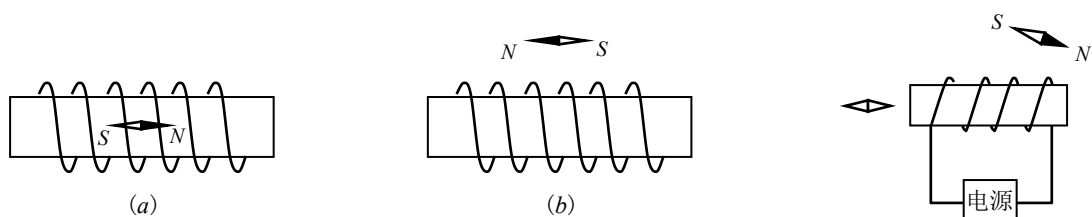
11-5



11-6

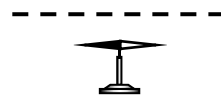
- (2) 如图所示,垂直纸面的通电直导线的上方静止着一个小磁针,试根据小磁针的指向,在图中画出通电直导线中的电流方向。

★★5. 如图所示, 在图(a)和图(b)中根据小磁针静止时的指向, 画出螺线管中的电流方向.
(a 图中小磁针在螺线管内部).



★★6. 如图所示, 根据通电螺线管右上方小磁针的 N 、 S 极指向, 标出通电螺线管的 N 、 S 极和电源正、负极并标出左侧小磁针的 N 极.

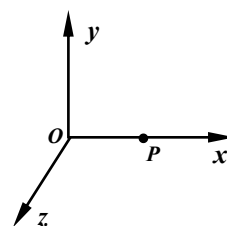
★★★7. 如图所示, 一束带电粒子沿水平方向飞过一小磁针正上方, 其轨迹如图中虚线所示. 当粒子飞过, 小磁针的 N 极转向纸外. S 极转向纸内, 则这束带电粒子可能是 ()



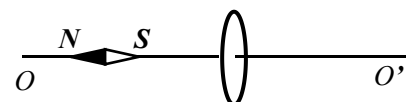
- A. 向右飞行的带正电的粒子流 B. 向右飞行的带负电的粒子流
C. 向左飞行的中性粒子流 D. 向左飞行的带负电的粒子流

★★★8. 如图所示, 在三维直角坐标系中, 有一电流沿 y 轴正方向流动, 该电流在 x 轴上的 P 点产生的磁场方向是 ()

- A. $+x$ 方向
B. $-x$ 方向
C. $+z$ 方向
D. $-z$ 方向

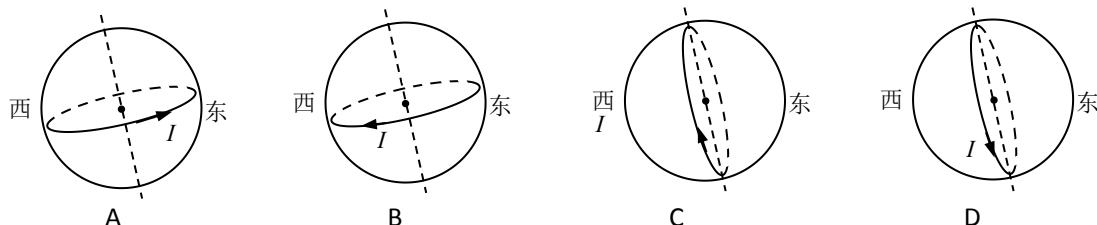


★★★9. 一个带电圆金属环绕其轴 OO' 转动时, 放置在左面轴线上的小磁针 N 极静止时的指向如图示, 圆环的带电情况和旋转方向是 ()



- A. 如从左往右看, 正电, 顺时针 B. 如从左往右看, 负电, 逆时针
C. 如从右往左看, 正电, 顺时针 D. 如从右往左看, 负电, 顺时针

★★★★10. (1) 为了解释地球的磁性, 19 世纪安培假设: 地球的磁场是由绕过地心的轴的环形电流 I 引起的. 在下列四个图中, 正确表示安培假设中环形电流 I 方向的是 ()



(2) 有一种理论认为地球的地磁场是由于地球本身带电所引起的, 根据这种理论, 地球应该 ()

- A. 带正电 B. 带负电 C. 不带电 D. 无法确定

第十五讲 磁感应强度 磁通量

一、知识梳理

(一) 磁感应强度

一般说来,磁场中不同的点磁场的方向不同,强弱也不同。物理学中引入“磁感应强度”的概念来描述磁场的强弱和方向。类比于电场的研究方法,磁场最基本的特性是对其中的电流有磁场力的作用,研究磁场的强弱和方向,我们可以根据电流在磁场中的受力情况,用“比值法”来定义“磁感应强度”。

实验表明,放在磁场中的通电导线跟所在处的磁场方向平行时,受磁场力为零。当导线方向跟所在处的磁场方向垂直时,受磁场力最大。当导线方向跟磁场方向斜交时,所受的力介于零和最大值之间。为了确定某一点磁场的基本特性,选取“一小段”通电导线总是垂直于磁场方向放入磁场中的不同点,根据其所受磁场力的情况研究磁场的强弱。

1. 定义:垂直放入磁场中的一小段通电导线,受到的磁场力 F ,跟电流 I 和导线长度 L 的乘积 IL 的比值,叫做通电导线所在处的磁感应强度。

2. 表达式: $B = \frac{F}{IL}$ 。

3. 单位:在国际单位制中,磁感应强度的单位是特斯拉,简称特,符号 T 。 $1 T = 1 N/(A \cdot m)$ 。

1 T 的含义:通有 1 A 电流的长度为 1 m 的导线,垂直于磁场放置,如果导线受到的磁场力为 1 N,则该处磁感应强度为 1 T。

4. 磁感应强度是矢量,它的方向就是该处的磁场方向,即该点磁感线的切线方向。

(二) 磁通量

磁通量是用来描述穿过某一面磁感线的条数多少的物理量,用符号 Φ 表示。

1. 定义:磁感应强度 B 与垂直于磁场方向的面积 S 的乘积叫做穿过这个面的磁通量。

2. 表达式: $\Phi = BS$,式中平面与磁场方向垂直,即: $S \perp B$ 。如果平面与磁场不垂直,则 S 表示的是平面在垂直于磁场方向投影的面积。

3. 单位:国际单位是韦伯,简称韦,符号是 Wb 。 $1 Wb = 1 T \cdot m^2$ 。

4. 磁通量是标量,特别说明是有向标量。正、负不表示大小,表示磁感线穿过平面的方向。

5. 磁通密度:由 $\Phi = BS$,可以导出 $B = \frac{\Phi}{S}$,即磁感应强度的大小等于垂直穿过单位面积的磁通量,称为磁通密度。所以有: $1 T = 1 Wb/m^2$ (磁感应强度 B 无论是用 $B = \frac{F}{IL}$ 还是用 $B = \frac{\Phi}{S}$ 表示,实际上两者是等效的,单位也应该是相同的,即 $1 N/(A \cdot m) = 1 Wb/m^2$)。

6. 关于磁通量的几点说明

① 磁感应强度主要描述磁场中某点的磁场情况,与位置对应;而磁通量用来描述磁场中某一个给定面上的磁场情况,它与给定面对应。

② 磁通量是指穿过线圈面积的磁感线的“净条数”,当有相反方向的磁感线同时穿过同一面积时,其磁通量相互抵消。磁通量指的是合磁场的磁感线穿过其面积的条数,即为合磁通。

③ 公式 $\Phi = BS$ 适用于匀强磁场中,垂直于磁场方向的某一平面内的磁通量的计算。

当平面与磁感线之间夹角为 θ 时,可用下列两种方法计算:

方法一:求出面积 S 在垂直于磁场方向上的投影面积 $S_{\perp}$,则 $\Phi = BS \sin \theta$;

方法二:将磁感应强度 B 分解为平行于面积 S 和垂直于面积 S 的两个分量 $B_{\parallel}$ 和 $B_{\perp}$,与 $B_{\parallel}$ 对应的磁通量为零,而与 $B_{\perp}$ 对应的磁通量 $\Phi_{\perp} = B_{\perp} S = BS \sin \theta$,则 $\Phi = \Phi_{\perp} = BS \sin \theta$ 。

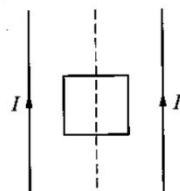
二、课堂例题

例题 1 关于磁感应强度,下列说法中正确的是()。

- A. 磁感应强度是用来表示磁场强弱的物理量
- B. 若有一小段通电导体在某点不受磁场力的作用,则该点的磁感应强度一定为零
- C. 若有一小段长为 L , 通以电流为 I 的导体, 在磁场中某处受到的磁场力为 F , 则该处磁感应强度的大小一定是 $\frac{F}{IL}$
- D. 由公式 $B = \frac{F}{IL}$ 可知, 电流 I 越大, 导线 L 越长, 某点的磁感应强度就越小

★ **例题 2** 如图所示, 一个矩形线圈与通有相同大小的电流的平行直导线处于同一平面, 且处在两导线的中央。那么下列说法中正确的是()。

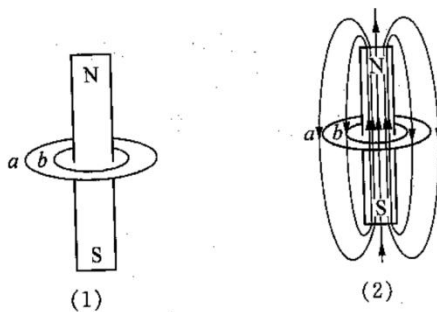
- A. 两电流同向时, 穿过线圈的磁通量为零
- B. 两电流反向时, 穿过线圈的磁通量为零
- C. 两电流同向或反向, 穿过线圈的磁通量都相等
- D. 因两电流产生的磁场是不均匀的, 因此不能判定穿过线圈的磁通量是否为零



例 2 图

★★ **例题 3** 如图 1 所示, 两圆形线圈套在条形磁铁中部, 线圈平面与磁铁垂直, a 线圈面积大于 b 线圈面积, 则关于 a 与 b 线圈中穿过的磁通量的大小 Φ_a 与 Φ_b 的关系, 下列说法中正确的是()。

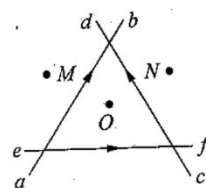
- A. $\Phi_a = \Phi_b$
- B. $\Phi_a > \Phi_b$
- C. $\Phi_a < \Phi_b$
- D. 无法比较



例 3 图

★★★

例题 4 三根彼此绝缘的无限长直导线的一部分 ab 、 cd 、 ef 构成一个等边三角形, 如图所示。 O 为三角形的中心, M 、 N 分别为 O 关于导线 ab 、 cd 的对称点, 当三根导线中通以大小相等, 方向如图的电流时, O 点磁感应强度大小为 B_1 , M 点磁感应强度的大小为 B_2 , 则 N 点磁感应强度的大小为 _____; 若将导线 ef 中的电流撤去, 而保持另两根导线中的电流不变, 则 N 点磁感应强度的大小为 _____。



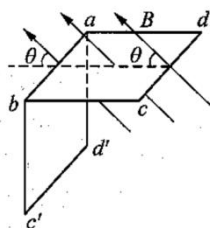
例 4 图

★★★ 例 5

在磁感应强度 $B = 0.4 \text{ T}$ 的匀强磁场中,有一个面积为 $S = 0.5 \text{ m}^2$ 的闭合导线圆环。当环与磁场平行时,穿过环的磁通量 Φ_1 是多少?当环面转过 90° 时,穿过导线环的磁通量 Φ_2 是多少?

环面再转 180° 后,穿过导线环的磁通量 Φ_3 是多少?在第二次转动过程中磁通量的改变量 $\Delta\Phi$ 为多少?

★★★ 例 6 如图所示,面积为 S 的矩形线框 $abcd$,处在磁感应强度为 B 的匀强磁场中(磁场区域足够大),磁场方向与线框平面成 θ 角。当线框以 ab 为轴顺时针转 90° 过程中,穿过 $abcd$ 的磁通量变化量 $\Delta\Phi$ 为多少?



例 6 图

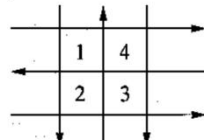
★★★ 例 7 如图所示,一个平面内有六根绝缘的通电导线,电流强度大小相同,1、2、3、4 为面积相等的正方形区域。其中,指向纸面内的磁通量最大的区域是()。

A. 1 区

B. 2 区

C. 3 区

D. 4 区

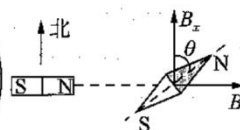


例 7 图

★★★ 例 8 如图所示,可以用图(1)所示的小罗盘估测条形磁铁磁场的磁感应强度,原理如图(2)所示。调整罗盘,使小磁针静止时 N 极指向罗盘上的零刻度(即正北方向)。将条形磁铁放在罗盘附近,使罗盘所在处条形磁铁的方向处于东西方向上,此时罗盘上的小磁针将转过一定角度。如果已知地磁场的水平分量为 B_x ,为计算罗盘所在处条形磁铁磁场的磁感应强度 B ,只需要知道_____,则磁感应强度的表达式为 $B = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



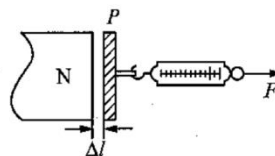
(1)



(2)

例 8 图

★★★ 例 9 磁场具有能量,磁场中单位体积所具有的能量叫做能量密度,其值为 $\frac{B^2}{2\mu}$ 。式中, B 是磁感应强度, μ 是磁导率,在空气中 μ 为一已知常数。如图所示,为了近似测得条形磁铁磁极端面附近的磁感强度 B ,一学生用一根端面面积为 A 的条形磁铁吸住一相同面积的铁片 P ,再用力将铁片与磁铁拉开一段微小距离 Δl ,并测出拉力 F 。因为 F 所做的功等于间隙中磁场的能量,所以由此可以得到磁感强度 B 与 F 、 A 之间的关系为 $B = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



例 9 图

四、能力拓展

1. 一段长为 1 cm 的通电导线,通过的电流强度为 5 A 。把它放入磁场中某一点,受到的磁场力为 0.1 N 。那么该点的磁感应强度 B 的大小一定是()。

- A. $B < 2\text{ T}$ B. $B \leq 2\text{ T}$ C. $B > 2\text{ T}$ D. $B \geq 2\text{ T}$

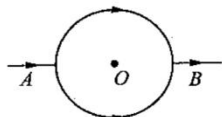
2. 关于磁通量,下列说法中正确的是()。

- A. 磁感应强度越大的地方,穿过线圈的磁通量也越大
B. 磁感应强度越大的地方,线圈面积越大,则穿过线圈的磁通量越大
C. 穿过线圈的磁通量为零的地方,磁感强度一定为零
D. 匀强磁场中,穿过线圈的磁感线越多,则磁通量越大

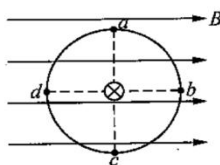


3. 如图所示,电流从 A 点分两路对称地通过圆环形支路再汇合于 B 点。那么,圆环形的中心 O 点处的磁感应强度的方向是()。

- A. 垂直圆环面指向纸内 B. 垂直圆环面指向纸外
C. 磁感应强度为零 D. 条件不足,无法判断



第3题图



第4题图



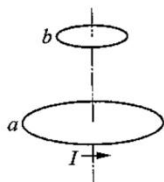
4. 如图所示,一根通以恒定电流 I 的直导线,电流方向垂直指向纸内,导线与匀强磁场 B 垂直。那么在图中的圆周上,磁感应强度数值最大的点是()。

- A. a 点 B. b 点 C. c 点 D. d 点

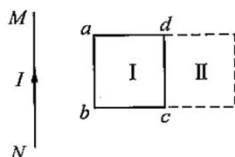


5. 如图所示,环形导线 a 固定在水平位置,其中通有恒定电流 I ;另有一较小的环形导线 b 以水平姿态竖直下落穿过 a 。在此过程中,穿过 b 的磁通量变化情况是()。

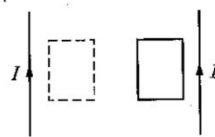
- A. 一直变小 B. 一直变大
C. 先变小后变大 D. 先变大后变小



第5题图



第6题图



第8题图



6. 如图所示,通电直导线 MN 与闭合金属框共面。第一次将金属框由 I 平移到 II,第二次将金属框以 cd 边为轴翻转到 II。设先后两次金属框内的磁通量变化分别为 $\Delta\Phi_1$ 和 $\Delta\Phi_2$,那么()。

- A. $\Delta\Phi_1 > \Delta\Phi_2$ B. $\Delta\Phi_1 = \Delta\Phi_2$
C. $\Delta\Phi_1 < \Delta\Phi_2$ D. 无法判断



7. 一个面积为 S ,匝数为 N 的矩形线圈。将它置于匀强磁场中,使线圈平面与磁感线方向垂直。设穿过该线圈的磁通量为 Φ ,则该匀强磁场的磁感应强度大小为()。

- A. $\frac{\Phi}{NS}$ B. $\frac{N\Phi}{S}$ C. $\frac{\Phi}{S}$ D. 无法判断



8. 如图所示,两直导线中通以相同的电流 I ,矩形线圈位于导线之间。在将线圈由实线位置移动到虚线位置的过程中,穿过线圈的磁通量的变化情况是()。

- A. 向里,逐渐增大 B. 向外,逐渐减小
C. 先向里增大,再向外减小 D. 先向外减小,再向里增大

第十六讲 磁场对电流的作用

一、知识梳理

(一) 安培力

1. 安培力: 磁场对电流的作用力叫安培力。

2. 安培力的大小: 由 $B = \frac{F}{IL}$ 可以导出电流在磁场中受到的安培力 $F = BIL$ 。

3. 关于公式 $F = BIL$ 的说明

公式 $F = BIL$ 中的 L 为导线垂直于磁场的方向的有效长度。当通电导线与磁场方向不垂直, B 和 L 的夹角为 θ 时, 根据通电导线与磁场垂直时受安培力最大, 平行时受安培力为零, 可以有两种方法计算安培力。

方法一: 如图所示, 求出通电导线在垂直于磁场方向上的投影的长度, 即 $L_{\perp} = L \sin \theta$, 则 $F = BIL_{\perp} = BIL \sin \theta$;

方法二: 还可以将磁感应强度 B 沿平行于导线和垂直于导线方向分解为 $B_{\parallel}$ 和 $B_{\perp}$, $B_{\parallel} = B \cos \theta$, $B_{\perp} = B \sin \theta$, 所以有 $F = B_{\perp} IL = BIL \sin \theta$ 。

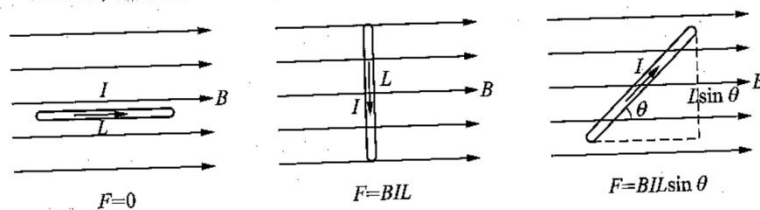


图 1

拓展: 如图 2 所示, 通电折线 abc 在磁场中受到的安培力, 等效于两端点连线 ac 在磁场中受到的安培力; 同理可得出: 通电曲线在磁场中受到的安培力等效于两端点连线在磁场中受到的安培力; 由此还可以进一步得出, 闭合的通电线圈在匀强磁场中各部分所受的安培力的合力为零。

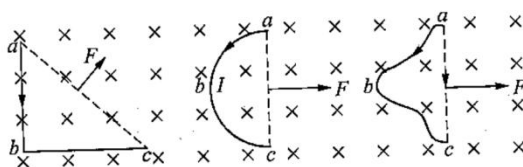


图 2

4. 安培力的方向: 由“左手定则”判定。

① 左手定则: 如图 3 所示, 伸开左手, 使大拇指跟其余四根手指垂直, 并且都跟手掌在同一平面内, 把手放入磁场中, 让磁感线垂直穿入掌心, 让伸开的四指指向电流方向, 那么大拇指所指的方向即为安培力的方向。

② 关于安培力的方向: 既跟磁场方向垂直 ($F \perp B$), 又跟电流方向垂直 ($F \perp I$); 也就是说, 安培力的方向总垂直于电流方向与磁场方向决定的平面。

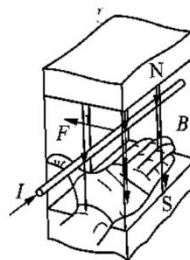


图 3

(二) 电流间的相互作用

1. 同向电流间的相互作用

如图 4(1)所示, a 、 b 两根直导线中的电流方向相同。导线 a 的电流磁场在导线 b 处的磁场方向垂直纸面向里, 根据左手定则可知, 导线 b 所受的磁场力向左指向导线 a 。用同样的方法可以判定, 导线 a 所受的磁场力向右指向导线 b 。所以两根导线间的作用力是引力。

2. 反向电流间的相互作用

如图 4(2)所示, a 、 b 两条导线中的电流方向相反, 根据左手定则可知, 导线 b 所受的磁场力向右; 导线 a 所受的磁场力向左。所以两根导线间的作用力是斥力。

结论: 同向电流互相吸引, 反向电流互相排斥。

3. 通电螺线管内部电流间的作用

可以等效看成是由多个同向环形电流平行排列而成的, 因此各环形电流之间都是相互吸引的, 螺线管通电后沿轴线方向有收缩趋势。对于每一个环形电流上任意两个对称点上的电流方向都是相反的, 对称点之间的相互作用是互相排斥的, 每个环形电流都有扩张的趋势。螺线管通电后沿径向有扩张趋势。

4. 垂直的通电直导线间的作用

如图 5(1)所示, 两条彼此绝缘又互相靠近的通电直导线, 其中 a 固定, b 可以自由移动, 分析导线 b 在导线 a 形成的磁场中受安培力运动的情况。

先根据右手螺旋定则判断导线 a 的磁场方向, 如图 5(2)所示。再根据左手定则判断导线 b 在磁场中不同位置所受安培力的方向, 可知导线 b 将在平面内逆时针转动。当转至与 a 平行时, 两导线中的电流同向, 相互吸引。因此导线 b 的运动情况是: 逆时针转动同时靠近导线 a 。

也可以利用“同相电流吸引、反向电流排斥”的结论直接判断。将导线 b 的左半段和导线 a 的下半段等效于同向电流, 吸引; 将导线 b 的左半段和导线 a 的上半段等效于反向电流, 排斥; 从而引起向电流平行且同向的方向转动, 最终吸引靠近。

(三) 直流电动机

电动机是一种将电能转化为机械能的装置。主要由定子(永磁体)、转子(绕有线圈的可绕轴转动的铁芯)、换向器和电刷组成。

1. 直流电动机的工作原理: 如图 6 所示为直流电动机的工作原理图。电动机的转子可以等效于一个放入磁场中的矩形线圈, 电源通过电刷与电源相连, 通电后线圈受到磁场力的作用, 便会带动转轴转动。通过换向器实现线圈中电流方向的变化, 从而实现线圈始终朝同一方向转动。

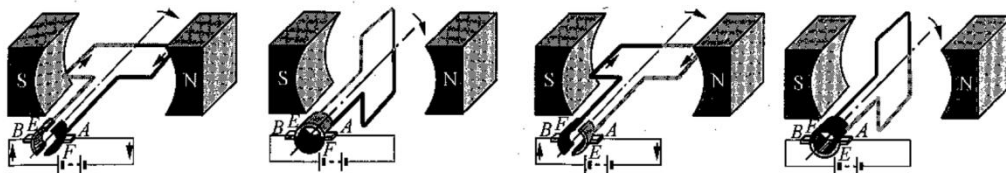


图 6

2. 电动机的效率: 电动机的输出功率和输入功率的比值为电动机的效率 $\eta = \frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{入}}}$ 。电动机的输入功率为电功率 $P_{\text{入}} = UI$, 输出功率为机械功率 $P_{\text{出}} = Fv$ 。

(四) 实验

1. 用 DIS 研究通电螺线管的磁感应强度

实验器材: DIS(磁传感器、数据采集器、计算机等)、长螺线管、滑动变阻器、稳压电源、导线等。

在实验过程中:

- ① 应尽量保证: 磁传感器的探管应与螺线管轴线保持重合;
- ② 螺线管的选择: 应选用细长形螺线管, 可在螺线管轴线方向形成较大范围的匀强磁场。

2. 测定直流电动机的效率

实验器材: 直流电动机(带长轴)、电源、电压表、电流表、滑动变阻器、开关、盛砝码的小盘、停表、刻度尺、砝码若干、细绳一根、导线等。

在实验过程中:

- ① 如图 7 所示, 根据器材和要求设计实验方案, 连接线路;
- ② 需测量的物理量: 电动机工作时的电流表示数 I 、电压表示数 U 、砝码盘与砝码的总质量 m 、电动机带动砝码盘上升的高度 h 及所用的时间 t ;

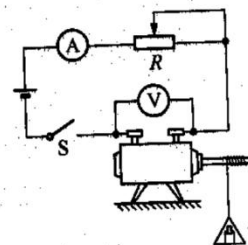


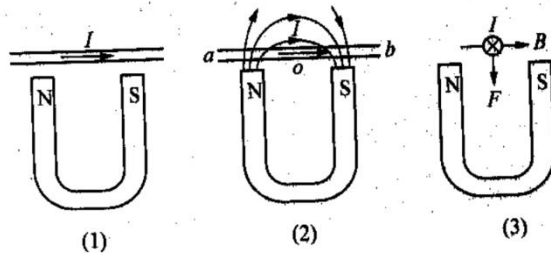
图 7

- ③ 电动机的输入功率 $P_{\text{入}} = IU$, 输出功率 $P_{\text{出}} = \frac{mgh}{t}$, 则电动机的效率为 $\eta = \frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{入}}} = \frac{UIt}{mgh}$ 。

二、课堂例题

【B. 思维障碍题】

★ 例 1 如图(1)所示, 把一重力不计的通电直导线水平放在蹄形磁铁磁极的正上方, 导线可以自由转动。当导线通入图示方向的电流 I 时, 导线的运动情况是(从上往下看) ()。



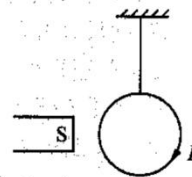
例 1 图

- | | |
|------------------|------------------|
| A. 顺时针方向转动, 同时下降 | B. 顺时针方向转动, 同时上升 |
| C. 逆时针方向转动, 同时下降 | D. 逆时针方向转动, 同时上升 |



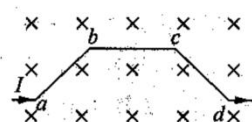
例 2 如图所示, 在条形磁铁的 S 极附近悬挂一个线圈, 线圈与水平磁铁位于同一平面内。当线圈中电流沿图示方向流动时, 将会出现 ()。

- A. 线圈仅做平动、不转动
- B. 线圈仅做转动、不平动
- C. 从上往下看, 线圈做顺时针方向转动, 同时靠近磁铁
- D. 从上往下看, 线圈做逆时针方向转动, 同时靠近磁铁



例 2 图

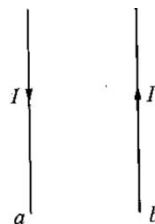
★ 例題 3 导线 $abcd$ 位于磁感应强度大小为 B 、方向垂直于纸面向里的匀强磁场中。线段 ab 、 bc 和 cd 的长度均为 L ，且 $\angle abc = \angle bcd = 135^\circ$ 。导线中的电流为 I ，方向如图所示。那么导线 $abcd$ 所受到的磁场的作用力的合力为()。



例 3 图

- A. 方向沿纸面向上, 大小为 $(\sqrt{2}+1)ILB$
- B. 方向沿纸面向上, 大小为 $(\sqrt{2}-1)ILB$
- C. 方向沿纸面向下, 大小为 $(\sqrt{2}+1)ILB$
- D. 方向沿纸面向下, 大小为 $(\sqrt{2}-1)ILB$

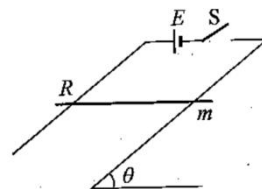
★★ 例題 4 如图所示, 两根平行放置的长直导线 a 和 b 上, 通有大小相同、方向相反的电流, 导线 a 受到的磁场力大小为 F_1 。当加入一与导线所在平面垂直的匀强磁场后, a 受到的磁场力大小变为 F_2 , 则此时 b 受到的磁场力大小变为()。



例 4 图

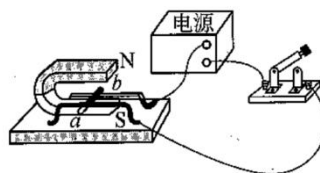
- A. F_2
- B. $F_1 - F_2$
- C. $F_1 + F_2$
- D. $2F_1 - F_2$

★★ 例題 5 如图(1)所示, 在倾角为 $\theta = 30^\circ$ 的光滑导体滑轨 A 和 B 的上端接入一个电动势 $E = 3\text{ V}$ 、内阻不计的电源, 滑轨间距 $L = 10\text{ cm}$ 。将一个质量 $m = 30\text{ g}$ 、电阻 $R = 0.5\ \Omega$ 的金属棒水平放置在滑轨上。滑轨周围存在着垂直于滑轨平面的匀强磁场。当开关 S 闭合后, 金属棒刚好静止在滑轨上。求滑轨周围空间的磁场方向和磁感应强度的大小(取 $g = 10\text{ m/s}^2$)。



(1)

★★ 例題 6 如图所示, 为研究磁场对通电导线作用的实验装置。接通电源, 当有电流由 a 至 b 通过导线 ab 时, 导线将受到磁场作用而向左运动, 则()。

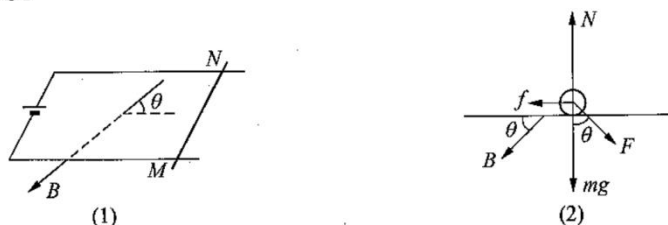


例 6 图

- A. 当磁场方向改变时, 导线 ab 将向右运动, 机械能转化为电能
- B. 当电流方向改变时, 导线 ab 将向右运动, 电能转化为机械能
- C. 当电流方向和磁场方向同时改变时, 导线 ab 仍将向左运动
- D. 当电流方向和磁场方向同时改变时, 导线 ab 将向右运动

★★★

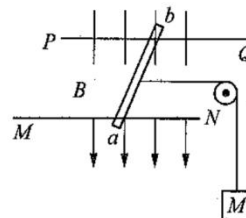
例题 7 如图(1)所示,长度为 L 、质量为 m 的导体棒 MN 静止于水平导轨上。已知通过 MN 的电流为 I ,匀强磁场的磁感应强度为 B ,方向与导轨平面成 θ 角斜向下。求棒 MN 所受的支持力和摩擦力。



例 7 图

★★★

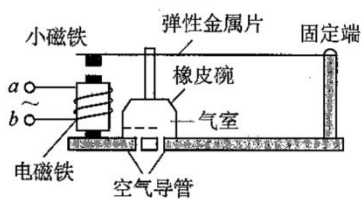
例题 8 如图所示, PQ 和 MN 为水平平行放置的相距 1 m 的两根金属导轨。质量为 $m=0.2\text{ kg}$ 的导体棒 ab 跨放在导轨上。棒的中点用细绳经滑轮与重物相连,重物的质量 $M=0.3\text{ kg}$,棒与导轨的动摩擦因数为 $\mu=0.5$,匀强磁场的磁感应强度 $B=2\text{ T}$,方向竖直向下。为了使物体以加速度 $a=3\text{ m/s}^2$ 加速上升,应在棒中通入多大的电流? 方向如何? ($g=10\text{ m/s}^2$)



★★★★★

例题 9 如图所示,为一种利用电磁原理制作的充气泵的结构示意图,其工作原理类似打点计时器。当电流从电磁铁的接线柱 a 流入,吸引小磁铁向下运动时,下列说法中正确的是()。

- A. 电磁铁的上端为 N 极,小磁铁的下端为 N 极
- B. 电磁铁的上端为 S 极,小磁铁的下端为 S 极
- C. 电磁铁的上端为 N 极,小磁铁的下端为 S 极
- D. 电磁铁的上端为 S 极,小磁铁的下端为 N 极



例 9 图