

# 2009年全国统一高考物理试卷（全国卷I）

参考答案与试题解析

一、选择题（本题共8小题，在每小题给出的四个选项中，有的只有一个选项正确，有的有多个选项正确，全部选对的得6分，选对但不全的得3分，有选错的得0分）

1.（6分）下列说法正确的是（　　）

- A. 气体对器壁的压强大小等于大量气体分子作用在器壁单位面积上的平均作用力
- B. 气体对器壁的压强就是大量气体分子单位时间作用在器壁上的平均冲量
- C. 气体分子热运动的平均动能减少，气体的压强一定减小
- D. 单位体积的气体分子数增加，气体的压强一定增大

**【考点】**9C：气体压强的微观意义；9K：封闭气体压强.

**【专题】**549：气体的压强专题.

**【分析】**由于大量气体分子都在不停地做无规则热运动，与器壁频繁碰撞，使器壁受到一个平均持续的冲力，致使气体对器壁产生一定的压强.

根据压强的定义得压强等于作用力比上受力面积，即气体对器壁的压强就是大量气体分子作用在器壁单位面积上的平均作用力.

气体压强与温度和体积有关.

**【解答】**解：A、由于大量气体分子都在不停地做无规则热运动，与器壁频繁碰撞，使器壁受到一个平均持续的冲力，致使气体对器壁产生一定的压强.

根据压强的定义得压强等于作用力比上受力面积，即气体对器壁的压强就是大量气体分子作用在器壁单位面积上的平均作用力。故A正确，B错误。

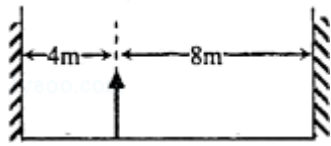
C、气体压强与温度和体积有关。气体分子热运动的平均动能减少，即温度减小，但是如果气体体积也在减小，分子越密集，气体的压强不一定减小，故C错误。

D、单位体积的气体分子数增加，分子越密集，但是如果温度降低，分子热运动的平均动能减少，气体的压强不一定增大，故D错误。

故选：A。

【点评】加强对基本概念的记忆，基本方法的学习利用，是学好3 - 3的基本方法。此处高考要求不高，不用做太难的题目。

2. (6分) 某物体左右两侧各有一竖直放置的平面镜，两平面镜相互平行，物体距离左镜4m，右镜8m，如图所示，物体在左镜所成的像中从右向左数的第三个像与物体的距离是 ( )



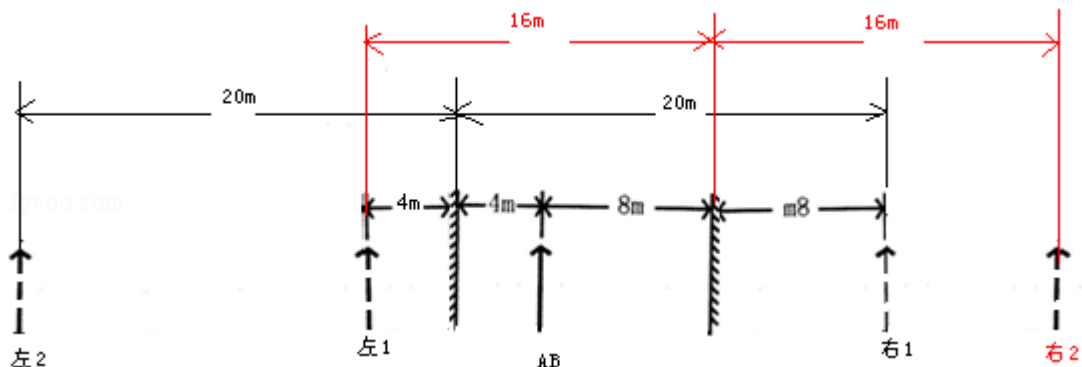
- A. 24m      B. 32m      C. 40m      D. 48m

【考点】H1：光的反射定律；H2：平面镜成像。

【分析】物体在左右两个平面镜中都能成像，根据物像到平面镜距离相等作出物体在左右平面镜中成像情况，物体在左平面镜中成像又可以在右平面镜中成像，依次作出像在平面镜中成像。

【解答】解：(1) 物体AB距离左平面镜4m，根据物像到平面镜距离相等，所以物体AB在左平面镜中成像距离左平面镜4m，如图中左1；物体AB距离右平面镜8m，根据物像到平面镜距离相等，所以物体AB在右平面镜中成像距离右平面镜8m，如图中右1。

(2) 像左1又在右平面镜中成像，像左1距离右平面镜16m，根据物像到平面镜距离相等，所以像左1在右平面镜中成像距离右平面镜16m，如图中右2；像右1又在左平面镜中成像，像右1距离左平面镜20m，根据物像到平面镜距离相等，所以像右1在左平面镜中成像距离左平面镜20m，如图中左2。



(3) 如图中像右2又在左平面镜中成像，像右2距离左平面镜28m，根据物像到平面镜距离相等，所以像右2在左平面镜中成像距离左平面镜28m，所以物体在左镜所成的像中从右向左数的第三个像与物体的距离是32m。

故选：B。

**【点评】**物体在左右平面镜中进行多次成像，根据物像到平面镜的距离相等，依次判断各次成像位置，是解决本题的关键

3. (6分) 氦氖激光器能产生三种波长的激光，其中两种波长分别为 $\lambda_1=0.6328\mu\text{m}$ ， $\lambda_2=3.39\mu\text{m}$ ，已知波长为 $\lambda_1$ 的激光是氦原子在能级间隔为 $\Delta E_1=1.96\text{eV}$ 的两个能级之间跃迁产生的。用 $\Delta E_2$ 表示产生波长为 $\lambda_2$ 的激光所对应的跃迁的能级间隔，则 $\Delta E_2$ 的近似值为 ( )

- A. 10.50eV      B. 0.98eV      C. 0.53eV      D. 0.36eV

**【考点】**J4：氢原子的能级公式和跃迁。

**【专题】**54N：原子的能级结构专题。

**【分析】**激光光子的能量 $E=h\nu=\frac{hc}{\lambda}$ ，激光是氦原子在能级间隔为 $\Delta E$ 两个能级之间跃迁产生的，则有 $\Delta E=\frac{hc}{\lambda}$ ，根据此式分别研究即可求解。

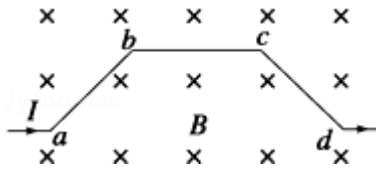
**【解答】**解：由题分析得， $\Delta E_1=\frac{hc}{\lambda_1}$ ， $\Delta E_2=\frac{hc}{\lambda_2}$ ，则得， $\frac{\Delta E_2}{\Delta E_1}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ ，代入

解得， $\Delta E_2\approx 0.36\text{eV}$ 。

故选：D。

**【点评】**本题关键要掌握光子的能量公式 $E=h\nu=\frac{hc}{\lambda}$ 和玻尔能量跃迁原理。

4. (6分) 如图，一段导线abcd位于磁感应强度大小为B的匀强磁场中，且与磁场方向（垂直于纸面向里）垂直。线段ab、bc和cd的长度均为L，且 $\angle abc=\angle bcd=135^\circ$ 。流经导线的电流为I，方向如图中箭头所示。导线段abcd所受到的磁场的作用力的合力 ( )



- 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  $(\sqrt{2}-1) ILB$

**【考点】** CC: 安培力; CD: 左手定则.

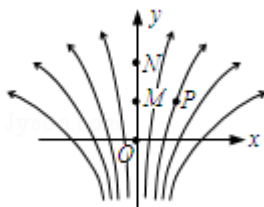
**【分析】** 当磁场方向与电流方向垂直时，由安培力  $F=BIL$ ，根据电流的大小可求出各段安培力大小，由左手定则判定安培力方向，再根据平行四边形定则，对安培力进行分解即可解得.

**【解答】** 解：该导线可以用a和d之间的直导线长为  $(\sqrt{2}+1)L$  来等效代替，根据  $F=BIL$ ，可知大小为  $(\sqrt{2}+1)BIL$ ，方向根据左手定则判断，向上；

故选：A。

**【点评】** 本题考查安培力的大小与方向的判断；解决本题的关键要掌握安培力的大小公式  $F=BIL$  ( $B$ 与 $I$ 垂直)，同时运用力的平行四边形定则对安培力时行分解。此处的导线也可以等效成将ad两点连接的导线所受的安培力。

5. (6分) 如图所示，一电场的电场线分布关于y轴（沿竖直方向）对称，O、M、N是y轴上的三个点，且  $OM=MN$ 。P点在y轴右侧， $MP \perp ON$ 。则（ ）



- A. M点的电势比P点高
- B. 将负电荷由O点移动到P点，电场力做正功
- C. M、N两点间的电势差大于O、M两点间的电势差
- D. 在O点静止释放一带正电粒子，该粒子将沿y轴正方向做直线运动

**【考点】** A7: 电场线.

**【专题】** 532: 电场力与电势的性质专题.

**【分析】** 电场线密的地方电场的强度大, 电场线疏的地方电场的强度小, 电场力做正功, 电势能减小, 电场力做负功, 电势能增加.

**【解答】** 解: A、过M、P、N做等势线, 可得到过P点的等势线通过M、N之间, 因顺着电场线电势降低, 则有 $\varphi_M > \varphi_P > \varphi_N$ , 故A正确;

B、将负电荷由O点移到P点, 因 $U_{OP} > 0$ , 所以 $W = -qU_{OP} < 0$ , 则负电荷做负功, 故B错误;

C、由 $U = Ed$ 可知, MN间的平均场强小于OM间的平均场强, 故MN两点间的电势差小于OM两点间的电势差, C错误;

D、根据电场线的分布特点会发现, 电场线关于y轴两边对称, 故y轴上的场强方向在y轴上, 所以在O点静止释放一带正电粒子, 其所受电场力沿y轴正方向, 则该粒子将沿y轴正方向做直线运动, 故D正确。

故选: AD。

**【点评】** 加强基础知识的学习, 掌握住电场线的特点, 即可解决本题.

6. (6分) 天文学家新发现了太阳系外的一颗行星。这颗行星的体积是地球的4.7倍, 质量是地球的25倍。已知某一近地卫星绕地球运动的周期约为1.4小时, 引力常量 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ , 由此估算该行星的平均密度为 ( )
- A.  $1.8 \times 10^3 \text{kg/m}^3$  B.  $5.6 \times 10^3 \text{kg/m}^3$  C.  $1.1 \times 10^4 \text{kg/m}^3$  D.  $2.9 \times 10^4 \text{kg/m}^3$

**【考点】** 4F: 万有引力定律及其应用.

**【专题】** 528: 万有引力定律的应用专题.

**【分析】** 根据万有引力提供圆周运动的向心力知, 只要知道近地卫星绕地球做圆周运动的周期就可以估算出地球的密度, 再根据行星与地球的质量关系和半径关系直接可得行星密度与地球密度之间的关系, 从而求解即可。

**【解答】** 解: 首先根据近地卫星绕地球运动的向心力由万有引力提供

$$G \frac{mM}{R^2} = m \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

可求出地球的质量  $M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$ 。

又据  $M = \rho \frac{4}{3} \pi R^3$

得地球的密度  $\rho_{地} = \frac{3\pi}{GT^2} = 5.56 \times 10^3 \text{kg/m}^3$

又因为该行星质量是地球的25倍，体积是地球的4.7倍，  
则其密度为地球的：

$$\rho_{行} = \frac{25M}{4.7V} = 5.3 \rho_{地} \approx 2.95 \times 10^4 \text{kg/m}^3。$$

故选：D。

**【点评】** 根据近地卫星的向心力由万有引力提供，再根据质量和体积及密度的关系可知，地球的平均密度  $\rho_{地} = \frac{3\pi}{GT^2}$ ，从而可以算出地球的质量，再根据行星质量与体积与地球的关系可以估算出行星的密度。熟练掌握万有引力提供向心力的表达式，是解决本题的关键。

7. (6分) 一列简谐横波在某一时刻的波形图如图1所示，图中P、Q两质点的横坐标分别为  $x=1.5\text{m}$  和  $x=4.5\text{m}$ 。P点的振动图象如图2所示。在下列四幅图中，Q点的振动图象可能是 ( )

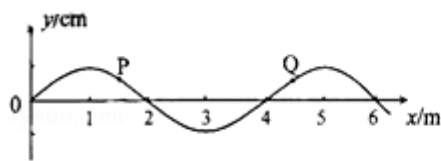


图1

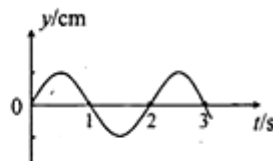
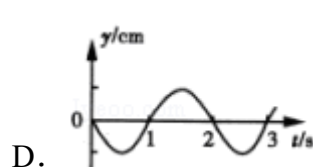
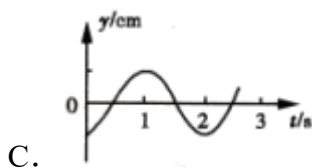
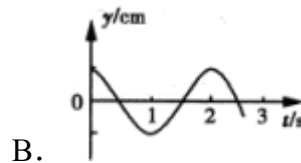
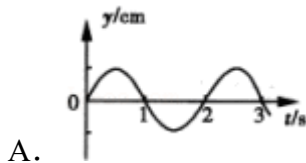


图2



**【考点】** 73: 简谐运动的振动图象; F4: 横波的图象.

**【专题】** 16: 压轴题; 51D: 振动图像与波动图像专题.

**【分析】** 由题, 根据PQ横坐标之间的距离为3m, 可知PQ间的距离是波长的 $\frac{3}{4}$

倍, 结合波形可判断: 波若向左传播, P点处于波峰时, Q在平衡位置向上振动; 若波向右传播, P点处于波谷时, Q在平衡位置向上振动.

**【解答】** 解: PQ横坐标之间的距离为3m, 是波长的 $\frac{3}{4}$ 倍.

A、此振动图象与Q点的振动图象相同, 说明P、Q是同相点, 它们平衡位置之间的距离应波长的整数倍, 与题设条件不符. 故A错误.

B、波若向右传播,  $t=0$ 时刻, P在平衡位置向上振动时, Q点处于波峰, 与 $t=0$ 时图B中质点的振动情况相符. 故B正确.

C、若波向左传播,  $t=0$ 时刻, P在平衡位置向上振动时, Q点处于波谷, 与 $t=0$ 时图C中质点的振动情况相符. 故C正确.

D、此振动图象与P点的振动图象反相, 两者平衡位置之间距离等于半个波长奇数倍, 与题设条件不符. 故D错误.

故选: BC.

**【点评】** 本题的解题关键是掌握波动和振动的之间关系, 要结合波形进行分析. 对于振动图象往往抓住同一时刻进行比较, 比如 $t=0$ 时刻, 分析两个质点的状态.

8. (6分) 质量为M的物块以速度V运动, 与质量为m的静止物块发生正撞, 碰撞后两者的动量正好相等, 两者质量之比 $\frac{M}{m}$ 可能为 ( )

- A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5

**【考点】** 53: 动量守恒定律.

**【专题】** 16: 压轴题; 52K: 动量与动能定理或能的转化与守恒定律综合.

**【分析】** 根据动量守恒定律, 以及在碰撞的过程中动能不增加, 通过这两个关系判断两个物体的质量关系.

**【解答】**解：根据动量守恒和能量守恒得，设碰撞后两者的动量都为P，则总动量为2P，

根据动量和动能的关系有： $P^2=2mE_K$ ，

根据能量的关系得，由于动能不增加，则有： $\frac{4P^2}{2M} \geq \frac{P^2}{2m} + \frac{P^2}{2M}$ ，

得 $1 \leq \frac{M}{m} \leq 3$ ，故A、B正确，C、D错误。

故选：AB。

**【点评】**解决本题的关键知道碰撞的过程中动量守恒，总动能不增加。

## 二、解答题（共5小题，满分72分）

9. （8分）如图所示的电路中，1、2、3、4、5、6为连接点的标号。在开关闭合后，发现小灯泡不亮。现用多用电表检查电路故障，需要检测的有：电源、开关、小灯泡、3根导线以及电路中的各点连接。

（1）为了检测小灯泡以及3根导线，在连接点1、2已接好的情况下，应当选用多用电表的 电压

挡。在连接点1、2同时断开的情况下，应当选用多用电表的 欧姆 挡。

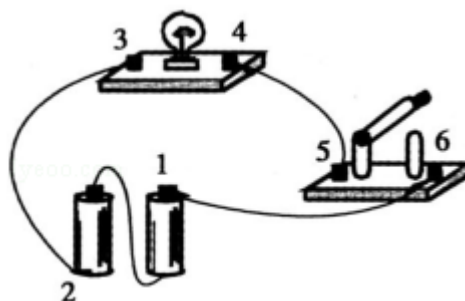
（2）在开关闭合情况下，若测得5、6两点间的电压接近电源的电动势，则表明 开关或连接点5、6 可能有故障

（3）将小灯泡拆离电路，写出用多用表检测该小灯泡是否有故障的具体步骤。

①调到欧姆档

②将红、黑表笔相接，检查欧姆档能否正常工作

③测量小灯泡的电阻，如电阻无穷大，表明小灯泡有故障。



**【考点】**B4：多用电表的原理及其使用；N4：用多用电表测电阻。

**【专题】**13：实验题；535：恒定电流专题.

**【分析】**在电源接入时，电路故障判定一般选用电压表并联，电压表示数接近电动势，说明该处断路，无视数则正常；电源不接入时，使用欧姆表，欧姆表示数为无穷大，即说明电路发生断路.

**【解答】**解：（1）在1、2两点接好的情况下，应当选用多用电表的电压档，若选电流挡易造成表头烧坏、电源短路；若选欧姆挡则有可能造成短路、指针倒转. 在1、2同时断开的情况下，应选用欧姆档，直接测量某段电路的电阻即可.

（2）电压表示数接近电动势，只有一种可能，即电压表与灯泡串联接入电路，电压表内阻极大，分得大部分电压，说明开关或连接点5、6两点断路.

（3）①调到欧姆档②将红黑表笔相接，检查欧姆档能否正常工作（由于无需精确测量电路阻值，所以不必调零）③测量小灯泡的电阻，如电阻无穷大，表明小灯泡有故障。（灯丝断或灯座接触不良）

故答案为：（1）电压，欧姆

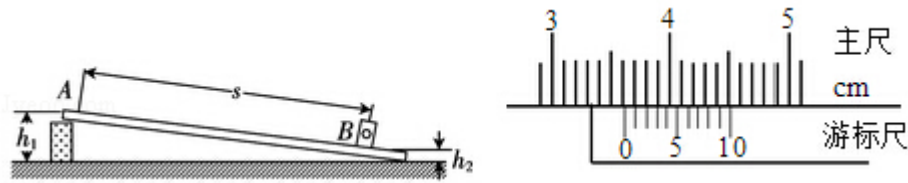
（2）开关或连接点5、6

（3）①调到欧姆档；

②将红、黑表笔相接，检查欧姆档能否正常工作；③测量小灯泡的电阻，如电阻无穷大，表明小灯泡有故障.

**【点评】**用电压挡测电路断路故障原理是：某处断路时，并联接入的电压表，与一般电阻串联，由于电压表内阻大，能分到大部分电压，其示数接电动势；若电路完好，则总电路断路时，电压表无示数；另外，电压表只要量程够大，不必担心电表烧坏或电路短路.

10. （10分）某同学为了探究物体在斜面上运动时摩擦力与斜面倾角的关系，设计实验装置如图. 长直平板一端放在水平桌面上，另一端架在一物块上. 在平板上标出A、B两点，B点处放置一光电门，用光电计时器记录滑块通过光电门时挡光的时间，



实验步骤如下：

- ①用游标卡尺测测最滑块的挡光长度 $d$ ，用天平测量滑块的质量 $m$ ；
- ②用直尺测量A、B之间的距离 $s$ ，A点到水平桌面的垂直距离 $h_1$ ，B点到水平桌面的垂直距离 $h_2$ ；
- ③将滑块从A点静止释放．由光电计时器读出滑块的挡光时间 $t$ ；
- ④重复步骤③数次，并求挡光时间的平均值 $\bar{t}$
- ⑤利用所测数据求出摩擦力 $f$ 和斜面倾角的余弦值 $\cos\alpha$ ；
- ⑥多次改变斜面的倾角，重复实验步骤②③④⑤做出 $f - \cos\alpha$ 关系曲线．

(1) 用测量的物理量完成下列各式（重力加速度为 $g$ ）

①斜面倾角的余弦 $\cos\alpha = \frac{\sqrt{s^2 - (h_1 - h_2)^2}}{s}$ ；

②滑块通过光电门时的速度 $v = \frac{d}{t}$ ；

③滑块运动时的加速度 $a = \frac{d^2}{2st^2}$ ；

④滑块运动时所受到的摩擦阻力 $f = mg \frac{h_1 - h_2}{s} - m \frac{d^2}{2st^2}$ ；

(2) 测量滑块挡光长度的游标卡尺读数如图所示，读得 $d = 3.62\text{cm}$ 。

**【考点】** M9：探究影响摩擦力的大小的因素。

**【专题】** 13：实验题；524：摩擦力专题。

**【分析】** (1) 正确解答本题需要掌握：根据数学知识求解正余弦函数值；滑块在通过光电门时，平均速度等于遮光片的宽度 $d$ 与其通过的时间之比。由于宽度较小，时间很短，所以瞬时速度接近平均速度；熟练应用运动学公式 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 求解物体的加速度大小；应用牛顿第二定律求解有关问题。

(2) 游标卡尺读数的方法是主尺读数加上游标读数，不需估读。

**【解答】**解：①根据数学知识可知：

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{s^2 - (h_1 - h_2)^2}}{s}$$

故答案为： $\frac{\sqrt{s^2 - (h_1 - h_2)^2}}{s}$

②由于宽度较小，时间很短，所以瞬时速度接近平均速度，因此有：

$$v = \frac{d}{t}$$

故答案为： $\frac{d}{t}$ .

③应用运动学公式  $v^2 - v_0^2 = 2ax$  有：

$$\left(\frac{d}{t}\right)^2 = 2as,$$

故解得： $a = \frac{d^2}{2st^2}$

故答案为： $\frac{d^2}{2st^2}$ .

④根据牛顿第二定律有：

$$mg \sin \theta - f = ma$$

将  $\sin \theta = \frac{h_1 - h_2}{s}$ ,  $a = \frac{d^2}{2st^2}$  代入得： $f = mg \frac{h_1 - h_2}{s} - m \frac{d^2}{2st^2}$

故答案为： $mg \frac{h_1 - h_2}{s} - m \frac{d^2}{2st^2}$

(2) 游标卡尺的主尺读数为3.6cm，游标尺上第2个刻度和主尺上某一刻度对齐，因此其读数为  $0.1 \times 2\text{mm} = 0.2\text{mm} = 0.02\text{cm}$ ，所以最终读数为： $3.6\text{cm} + 0.02\text{cm} = 3.62\text{cm}$

故答案为：3.62cm.

**【点评】**熟练应用数学知识和牛顿第二定律以及运动学公式解决问题；掌握游标卡尺读数的方法，主尺读数加上游标读数，不需估读.

11. (15分) 材料的电阻率  $\rho$  随温度变化的规律为  $\rho = \rho_0 (1 + \alpha t)$ ，其中  $\alpha$  称为电

阻温度系数， $\rho_0$ 是材料在 $t=0^\circ\text{C}$ 时的电阻率。在一定的温度范围内 $\alpha$ 是与温度无关的常数。金属的电阻一般随温度的增加而增加，具有正温度系数；而某些非金属如碳等则相反，具有负温度系数。利用具有正负温度系数的两种材料的互补特性，可制成阻值在一定温度范围内不随温度变化的电阻。已知：在 $0^\circ\text{C}$ 时，铜的电阻率为 $1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ，碳的电阻率为 $3.5 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$ ，在 $0^\circ\text{C}$ 附近时，铜的电阻温度系数为 $3.9 \times 10^{-3} \text{C}^{-1}$ ，碳的电阻温度系数为 $-5.0 \times 10^{-4} \text{C}^{-1}$ 。将横截面积相同的碳棒与铜棒串接成长 $1.0\text{m}$ 的导体，要求其电阻在 $0^\circ\text{C}$ 附近不随温度变化，求所需碳棒的长度（忽略碳棒和铜棒的尺寸随温度的变化）。

**【考点】** B7：电阻定律。

**【专题】** 535：恒定电流专题。

**【分析】** 根据题意应用电阻定律列方程，即可求出碳棒的长度。

**【解答】** 解：设碳棒的长度为 $x$ ，则铜棒的电阻为 $R_1 = \rho_1 \frac{1-x}{S} = \rho_{01} (1+\alpha_1 t) \frac{1-x}{S}$ ，

碳棒的电阻 $R_2 = \rho_2 \frac{x}{S} = \rho_{02} (1+\alpha_2 t) \frac{x}{S}$ ，

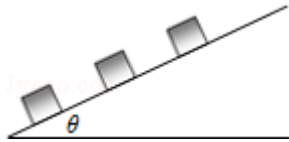
要使得在 $0^\circ\text{C}$ 附近总电阻不随温度变化，则有 $R_1 + R_2 = \text{定值}$ ，则有式中 $t$ 的系数必须为零，即有 $x \approx 0.0038\text{m}$ 。

答：所需碳棒的长度为 $0.0038\text{m}$ 。

**【点评】** 本题考查了电阻定律的应用，根据题目所给条件，应用电阻定律即可正确解题。

12. （18分）如图所示，倾角为 $\theta$ 的斜面上静止放置三个质量均为 $m$ 的木箱，相邻两木箱的距离均为 $l$ 。工人用沿斜面的力推最下面的木箱使之上滑，逐一与其它木箱碰撞。每次碰撞后木箱都粘在一起运动。整个过程中工人的推力不变，最后恰好能推着三个木箱匀速上滑。已知木箱与斜面间的动摩擦因数为 $\mu$ ，重力加速度为 $g$ 。设碰撞时间极短，求

- (1) 工人的推力；
- (2) 三个木箱匀速运动的速度；
- (3) 在第一次碰撞中损失的机械能。



【考点】37：牛顿第二定律.

【专题】16：压轴题；522：牛顿运动定律综合专题.

【分析】（1）最后恰好能推着三个木箱匀速上滑，根据共点力平衡求出推力的  
大小。

（2）根据牛顿第二定律求出第一个木箱与第二个木箱碰撞前的加速度，根据速度位移公式求出与第二个木箱碰撞前的速度，由于碰撞的时间极短，知碰撞前后瞬间动量守恒，根据动量守恒定律求出碰撞瞬间的速度，根据牛顿第二定律求出与第三个木箱碰撞前的加速度，根据速度位移公式求出跟第三个木箱碰撞前的速度，根据动量守恒定律求出与第三个木箱碰撞后的速度，即匀速运动的速度。

（3）根据碰撞前后瞬间的速度，分别得出碰撞前后瞬间系统的动能，根据能量守恒定律求出损失的能量。

【解答】解：（1）当匀速时，把三个物体看作一个整体受重力、推力F、摩擦力f和支持力。

根据平衡的知识有

$$F=3mg\sin\theta+3\mu mg\cos\theta。$$

（2）第一个木箱与第二个木箱碰撞之前的速度为 $V_1$ ，加速度

$$a_1=\frac{F-mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta}{m}=2g(\sin\theta+\mu\cos\theta)$$

根据运动学公式或动能定理有  $v_1^2=2aL$ 得：

$$V_1=2\sqrt{gL(\sin\theta+\mu\cos\theta)}$$

碰撞后的速度为 $V_2$ 根据动量守恒有 $mV_1=2mV_2$ ，即碰撞后的速度为

$$V_2=\sqrt{gL(\sin\theta+\mu\cos\theta)},$$

然后一起去碰撞第三个木箱，设碰撞前的速度为 $V_3$

$$\text{从 } V_2 \text{ 到 } V_3 \text{ 的加速度为 } a_2=\frac{F-2mg\sin\theta-2\mu mg\cos\theta}{2m}=\frac{g(\sin\theta+\mu\cos\theta)}{2},$$

根据运动学公式有  $v_3^2 - v_2^2 = 2a_2L$ ，得

$$v_3 = \sqrt{2gL(\sin\theta + \mu\cos\theta)}$$

跟第三个木箱碰撞根据动量守恒有  $2mv_3 = 3mv_4$ ，得

$$v_4 = \frac{2}{3}\sqrt{2gL(\sin\theta + \mu\cos\theta)}$$
，就是匀速的速度。

(3) 设第一次碰撞中的能量损失为  $\Delta E$ ，根据能量守恒有

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \Delta E + \frac{1}{2} \cdot 2mv_2^2$$
，代入数据得

$$\Delta E = mgL(\sin\theta + \mu\cos\theta)$$
。

答：(1) 工人的推力为  $F = 3mgsin\theta + 3\mu mgcos\theta$ 。

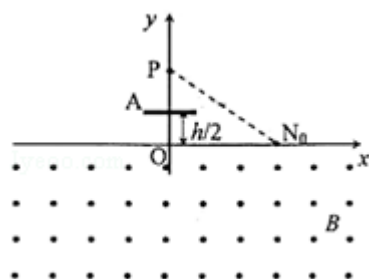
(2) 三个木箱匀速运动的速度为  $\frac{2}{3}\sqrt{2gL(\sin\theta + \mu\cos\theta)}$ 。

(3) 在第一次碰撞中损失的机械能  $mgL(\sin\theta + \mu\cos\theta)$ 。

**【点评】** 本题综合考查了牛顿第二定律、动量守恒定理和能量守恒定理以及运动学公式，综合性较强，关键理清运动过程，选择合适的规律进行求解。

13. (21分) 如图，在  $x$  轴下方有匀强磁场，磁感应强度大小为  $B$ ，方向垂直于  $x$

$y$  平面向外。P 是  $y$  轴上距原点为  $h$  的一点， $N_0$  为  $x$  轴上距原点为  $a$  的一点。A 是一块平行于  $x$  轴的挡板，与  $x$  轴的距离为  $\frac{h}{2}$ ，A 的中点在  $y$  轴上，长度略小于  $\frac{a}{2}$ 。带点粒子与挡板碰撞前后， $x$  方向的分速度不变， $y$  方向的分速度反向、大小不变。质量为  $m$ ，电荷量为  $q$  ( $q > 0$ ) 的粒子从 P 点瞄准  $N_0$  点入射，最后又通过 P 点。不计重力。求粒子入射速度的所有可能值。



**【考点】** C1: 带电粒子在匀强磁场中的运动。

**【专题】** 16: 压轴题；536: 带电粒子在磁场中的运动专题。

**【分析】** 粒子从P到N<sub>0</sub>做匀速直线运动，进入磁场做匀速圆周运动，找出圆心画出轨迹，然后求出第一次离开磁场位置，与挡板碰撞后，求出第二次进入位置，...得到第n次离开磁场的位置，等于 - a，列方程求解；同时要注意粒子能够与挡板碰撞的临界条件。

**【解答】** 解：设粒子的入射速度为v，第一次射出磁场的点为N'<sub>0</sub>，与板碰撞后再次进入磁场的位置为N<sub>1</sub>，粒子在磁场中运动的轨道半径为R，有：

$$R = \frac{mv}{qB} \dots (1)$$

粒子速率不变，每次进入磁场与射出磁场位置间距离x<sub>1</sub>保持不变有：

$$NO' = NO = 2R \sin \theta \dots (2)$$

粒子射出磁场与下一次进入磁场位置间的距离x<sub>2</sub>始终不变，与N<sub>0</sub>N<sub>0</sub>相等。由图可以看出：

$$x_2 = a \dots (3)$$

设粒子最终离开磁场时，与档板相碰n次 (n=0、1、2、3...)。

若粒子能回到P点，由对称性，出射点的x坐标应为 - a，即 (n+1) x<sub>1</sub> - nx<sub>2</sub> = 2a ... (4)

由 (3) (4) 两式得：

$$x_1 = \frac{n+2}{n+1} a \dots (5)$$

若粒子与挡板发生碰撞，有：

$$x_1 - x_2 > \frac{a}{4} \dots (6)$$

联立 (3) (4) (6) 得：

$$n < 3 \dots (7)$$

联立 (1) (2) (5) 得：

$$v = \frac{qB}{2m \sin \theta} \cdot \frac{n+2}{n+1} a \dots (8)$$

把  $\sin \theta = \frac{h}{\sqrt{a^2 + h^2}}$  代入 (8) 中得

$$v_0 = \frac{qB a \sqrt{a^2 + h^2}}{mh}, \quad n=0;$$

$$v_1 = \frac{3qBa\sqrt{a^2+h^2}}{4mh}, \quad n=1;$$

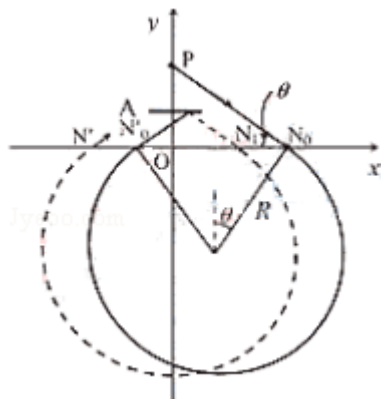
$$v_2 = \frac{2qBa\sqrt{a^2+h^2}}{3mh}, \quad n=2;$$

答：粒子入射速度的所有可能值为：

$$v_0 = \frac{qBa\sqrt{a^2+h^2}}{mh}, \quad n=0;$$

$$v_1 = \frac{3qBa\sqrt{a^2+h^2}}{4mh}, \quad n=1;$$

$$v_2 = \frac{2qBa\sqrt{a^2+h^2}}{3mh}, \quad n=2.$$



**【点评】** 本题原理简单，但几何关系较为复杂，关键是画出运动轨迹，然后根据几何关系列式求解，难题。