

# 2013 年全国普通高等学校统一招生考试试题(福建卷)

## 理科综合能力测试(物理部分)

### 【学科网试卷总评】

今年的福建理综卷物理部分试题，首先，总体上来讲，紧密结合中学物理教学实际，各题的考查要求均能与新课程的教学相吻合，有效地实现人才的选拔，试卷风格特色鲜明，在坚持能力立意的基础上，注重联系实际，注重选材的多样性和公平性(选做题 29、30 难度相当)，以基础知识、基本能力为考查重点，较好地体现了对学生物理科学素养的考查，特别是体现了高中新课程的探究性学习的理念和联系现实生活的理念，对中学物理教学起到了很好的导向作用。其次，选择题整体比较简单，第 13、14 题为送分题，15、16、17 大部分学生能够正确求解；两道实验题，一道取自课本基本实验，一道由课本基本实验稍加变换，既能考查学生实验的掌握情况，又能考查学生的实验操作能力，如实物连线问题，整体难度也不大；计算题通过将设问以“一题多问”、“难中有易”、“浅入深出”、“逐层递进”方式呈现，既能保证大部分学生得到基本分数，又有利于高校选拔人才，整份试卷试题由易到难，结构合理，充分体现了对考生的人文关怀，有利于考生水平的循序渐进、正常发挥。

从试卷试题考查的内容方面而言，涉及了高中物理各部分主干知识，覆盖面较广，所考查的各知识点分数分配合理。其中所考知识点有必修 1 的质点的运动、 $v-t$  图象、国际单位制、牛顿运动定律、共点力平衡，必修 2 的曲线运动、平抛运动、圆周运动、天体运动、万有引力定律、动能定理(或机械能守恒定律)，选修 3-1 的电场强度与电势差的关系、电场力做功、闭合电路欧姆定律、焦耳定律、带电粒子在磁场与复合场中的运动，选修 3-2 的电磁感应、交变电流，选修 3-3 的分子间作用力及分子势能与分子间距离的关系图象、波意耳定律，选修 3-4 的光的折射、波动图象，选修 3-5 的卢瑟福的  $\alpha$  粒子散射实验、动量守恒定律；物理思想方法有整体法与隔离法、合成与分解法、临界法、图象法等等；实验部分有滑线变阻器的连接方式、串、并联关系、误差分析、数据处理等。

从试卷试题考查能力方面而言，也是形式多样、层次性强，具体体现了《考试大纲》规定的各种能力。第 14、15、22(1)、29、30 等题考查了学生的理解能力，第 13、16、17、21、22(2)等题考查了学生的推理能力，第 18、19(1)、20、22(3)等题考查了学生的分析综合能力和应用数学处理问题的能力，第 19(2)等题考查了学生的知识迁移能力、解决实际问题能力和实验与探究能力，对中学物理教学有引导作用。

**本解析为学科网名师解析团队原创，授权学科网独家使用，如有盗用，依法追责！**

第I卷(选择题 共 108 分)

本题共 18 小题，每小题 6 分，共 108 分。在每小题给出的四个选项中，只有一个选项符合题目要求。

13. 设太阳质量为  $M$ ，某行星绕太阳公转周期为  $T$ ，轨道可视作为  $r$  的圆，已知万有引力常量为  $G$ ，则描述该行星运动的上述物理量满足 ( )

A.  $GM = \frac{4\pi^2 r^3}{T^2}$

B.  $GM = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$

C.  $GM = \frac{4\pi^2 r^2}{T^3}$

D.  $GM = \frac{4\pi r^3}{T^2}$

【答案】 A

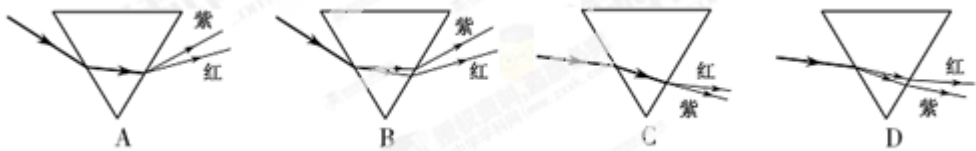
【解析】 设行星的质量为  $m$ ，根据万有引力提供行星绕太阳运动的向心力有：

$F_n = G \frac{Mm}{r^2}$ ，根据牛顿第二定律有： $F_n = mr \frac{4\pi^2}{T^2}$ ，联立以上两式解得：

$GM = \frac{4\pi^2 r^3}{T^2}$ ，故选项 A 正确。

【学科网考点定位】 本题主要万有引力定律与向心力公式的应用，难度中等偏低。

14. 一束由红、紫两色光组成的复色光，从空气斜射向玻璃三棱镜。下面四幅图中能正确表示该复色光经三棱镜折射分离成两束单色光的是 ( )



【答案】 B

【解析】 当光由空气斜射向三棱镜时，将发生光的折射现象，且入射角大于折射角，故选项 C、D 错误；由于玻璃对紫光的折射率比对红光的折射率大，因此进入玻璃时紫光的折射角比红光的折射角小，故选项 A 错误；选项 B 正确。

【学科网考点定位】 本题主要考查光的折射，属于容易题。

15. 如图，实验室一台手摇交流发电机，内阻  $r=1.0\Omega$ ，外接  $R=9.0\Omega$  的电阻。闭合开关 S，当发动机转子以某一转速匀速转动时，产生的电动势  $e=10\sqrt{2}\sin 10\pi$  (V)，则 ( )



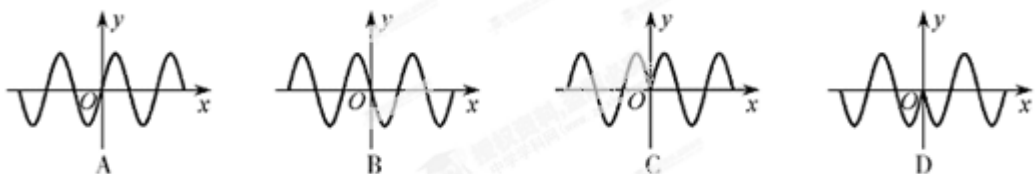
- A. 该交变电流的频率为 10Hz  
 B. 该电动势的有效值为  $10\sqrt{2}$  V  
 C. 外接电阻  $R$  所消耗的电功率为 10W  
 D. 电路中理想交流电流表 A 的示数为 1.0A

**【答案】 D**

**【解析】** 由发电机产生的感应电动势表达式  $e=10\sqrt{2}\sin 10\pi t$  (V) 可知, 该交流电为正弦式交变电流, 其感应电动势的瞬时值基本表达式为:  $e=E_m\sin\omega t$ , 由两式对照可知:  $E_m=10\sqrt{2}$  V,  $\omega=10\pi$  rad/s, 又由于  $\omega=2\pi f$ , 解得:  $f=5$  Hz, 故选项 A 错误; 根据正弦式交变电流有效值与峰值的关系可知, 该电动势的有效值为:  $E=\frac{E_m}{\sqrt{2}}=10$  V, 故选项 B 错误; 理想交流电流表测量的是电路中总电流的有效值, 根据闭合电路欧姆定律有:  $I=\frac{E}{R+r}=1$  A, 外接电阻  $R$  所消耗的功率为:  $P=I^2R=9$  W, 故选项 C 错误, D 正确。

**【学科网考点定位】** 本题综合考查了交变电流的有关知识、焦耳定律、闭合电路欧姆定律的应用问题, 难度中等。

16. 如图,  $t=0$  时刻, 波源在坐标原点从平衡位置沿  $y$  轴正向开始振动, 振动周期为 0.4s, 在同一均匀介质中形成沿  $x$  轴正、负两方向传播的简谐波。下图中能够正确表示  $t=0.6$ s 时波形的图是 ( )



**【答案】 C**

**【解析】** 由于波源位于坐标原点, 从在  $t=0$  时刻起分别沿  $+x$ 、 $-x$  方向传播, 起振方向相同, 为  $+y$  方向, 因此波动图象应关于  $y$  轴对称, 故选项 A、B 错误, 又因为波的传播过程, 传递的是振动的形式和能量, 因此途径各质点的起振方向均为  $+y$  方向, 经过时间  $t=0.6$  s  $=1.5T$  后, 在  $+x$ 、 $-x$  方向应各形成 1.5 个完整波形, 根据最后传至的质点的起振方向沿  $+y$  方向和波的传播方向应满足同侧关系, 故选项 C 正确, D 错误。

**【学科网考点定位】** 本题主要考查了振动方向与波的传播方向的关系、波的图象问题,

难度中等。

17. 在国际单位制（简称 SI）中，力学和电学的基本单位有：m（米）、kg（千克）、s（秒）、A（安培）。导出单位 V（伏特）用上述基本单位可表示为（ ）

- A.  $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-4} \cdot \text{A}^{-1}$       B.  $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$       C.  $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$       D.  $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{A}^{-1}$

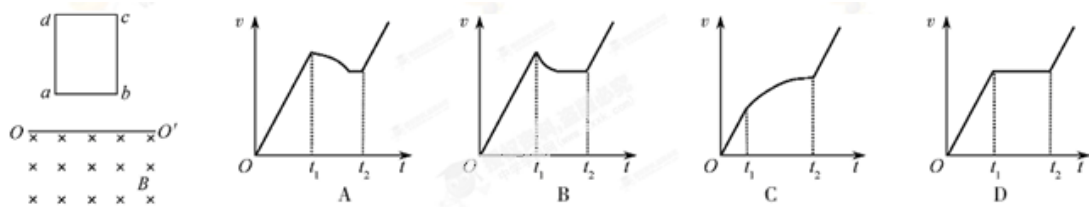
**【答案】 B**

**【解析】** 题设中的导出单位 V(伏特)是电压  $U$  的单位，基本单位 m(米)、kg(千克)、s(秒)、A(安培)分别是长度  $l$ 、质量  $m$ 、时间  $t$ 、电流  $I$  的单位，上述物理量间存在的关系有： $U=Ed$ 、 $E=F/q$ 、 $F=ma$ 、 $a=\Delta v/\Delta t$ 、 $v=\Delta x/\Delta t$ 、 $q=It$ ，综上可知  $1\text{V}=1\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ ，故选项 B 正确。

**【方法技巧】**  $1\text{J}=1\text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}=1\text{kg} \cdot (\text{m} \cdot \text{s}^{-2}) \cdot \text{m}$ ，可推知，选项 B 正确。

**【学科网考点定位】** 本题主要考查单位制问题，难度中等。

18. 如图，矩形闭合导体线框在匀强磁场上方，由不同高度静止释放，用  $t_1$ 、 $t_2$  分别表示线框  $ab$  边和  $cd$  边刚进入磁场的时刻。线框下落过程形状不变， $ab$  边始终保持与磁场水平边界线  $OO'$  平行，线框平面与磁场方向垂直。设  $OO'$  下方磁场区域足够大，不计空气阻力影响，则下列图像不可能反映线框下落过程中速度  $v$  随时间  $t$  变化的规律（ ）



**【答案】 A**

**【解析】** 在  $t=0 \sim t_1$  过程中，线框做自由落体运动，此过程中速度与时间的关系为：

$$v=gt$$

因此在  $v-t$  图象中对应的部分为倾斜直线段；在  $t_1$  时刻的速度为  $v_1=gt_1$ ，在  $t=t_1\sim t_2$  过程中，线框  $ab$  边在磁场中做切割磁感线运动，设线框的质量为  $m$ 、总电阻为  $R$ ， $ab$  边长为  $L$ ，磁场的磁感应强度为  $B$ ，在  $t=t_1$  时刻，切割感应电动势为： $E=BLv_1$ ，根据闭合电路欧姆定律可知回路中产生的感应电流为： $I=E/R$ ，线框此时除受竖直向下的重力  $mg$  外、还将受到磁场的竖直向上的安培力  $F$  作用，根据安培力公式有： $F=ILB$ ，以速度方向为正方向，由牛顿第二定律有： $a_0=\frac{mg-F}{m}$ ，联立以上各式解得： $a_0=g(1-\frac{B^2L^2}{R}t_1)$ ，显然，当  $t_1=\frac{R}{B^2L^2}$  时， $a_0=0$ ，往后线框在磁场中做匀速运动，在  $v-t$  图象中对应的部分为平行时间轴的直线，当  $t_1>\frac{R}{B^2L^2}$  时， $a_0>0$ ，往后线框在磁场中做加速运动，加速度表达式为  $a=g-\frac{B^2L^2v}{R}$ ，随着  $v$  的增大， $a$  逐渐变小，在  $v-t$  图象中对应的部分为坡度(斜率)逐渐变小并向速度增大方向弯曲的曲线，当  $t_1<\frac{R}{B^2L^2}$  时， $a_0<0$ ，往后线框在磁场中做减速运动，加速度大小的表达式为  $a=\frac{B^2L^2v}{R}-g$ ，随着  $v$  的减小， $a$  逐渐变小，在  $v-t$  图象中对应的部分为坡度(斜率)逐渐变小并向速度减小方向弯曲的曲线，故选项 A 图象为不可能的，作为单选题至此应该已经结束，继续分析选项 B、C、D 图象如下，当速度减小到  $v=\frac{gR}{B^2L^2}$  时， $a=0$ ，即图线应为平行时间轴的直线，当  $t=t_2$  时，由于  $cd$  边也开始进入磁场，对  $ab$ 、 $cd$  边虽然做切割磁感线运动，产生感应电动势，由于对整个线框而言，感应电动势的方向相反，即没有感应电流，线框只受重力作用，往后又做加速度  $a=g$  的匀加速直线运动，在  $v-t$  图象中对应的部分为与  $t=0\sim t_1$  段相平行的向上倾斜的直线，故选项 B、C、D 所示图象都是可能的。

**【学科网考点定位】** 本题综合考查了  $v-t$  图象、电磁感应和综合分析、推理能力，难度较大。

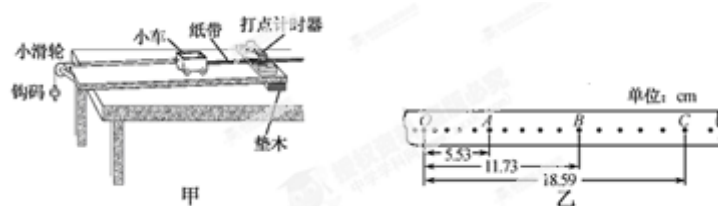
本解析为学科网名师解析团队原创，授权学科网独家使用，如有盗用，依法追责！

## 第II卷(非选择题 共 192 分)

### 必考部分

第II卷必考部分共 10 题，共 157 分。

19. (18 分) (1) (6 分) 在“探究恒力做功与动能改变的关系”实验中(装置如图甲)：



①下列说法哪一项是正确的\_\_\_\_\_。(填选项前字母)

- A. 平衡摩擦力时必须将钩码通过细线挂在小车上
- B. 为减小系统误差, 应使钩码质量远大于小车质量
- C. 实验时, 应使小车靠近打点计时器由静止释放

②图乙是实验中获得的.一条纸带的一部分, 选取  $O$ 、 $A$ 、 $B$ 、 $C$  计数点, 已知打点计时器使用的交流电频率为  $50\text{Hz}$ , 则打  $B$  点时小车的瞬时速度大小为\_\_\_\_\_  $\text{m/s}$  (保留三位有效数字)。

**【答案】** ①C ②0.653

**【解析】** ①在本实验中进行平衡摩擦力操作时, 是使小车重力沿木板方向的分量等于小车运动过程中小车受到的木板的摩擦力与纸带与打点计时器之间的摩擦等阻力, 因此不要

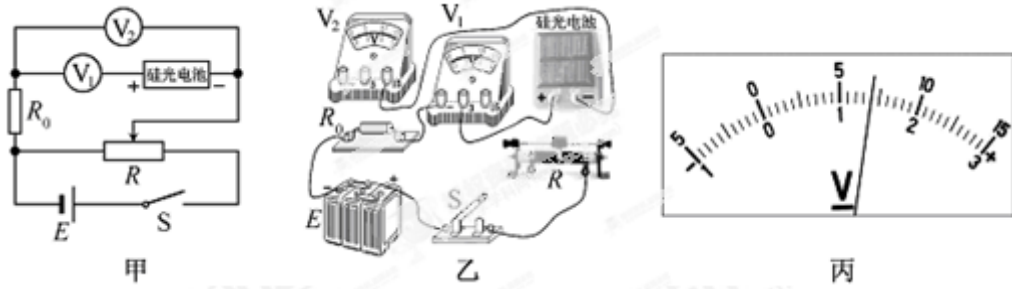
挂钩码, 故选项 A 错误; 本实验的目的是探究恒力做功与小车动能改变的关系, 本实验中, 在平衡摩擦完成后, 是用钩码的重力代替了细线的拉力即小车受到的合力, 因此在钩码质量远远小于小车质量的情况下, 实验的系统误差才较小, 故选项 B 错误; 本实验是通过纸带上留下的打点来计算小车的速度(动能), 因此实验时让小车从靠近打点计时器处由静止释放, 是为了尽可能多的纸带能打上点, 即纸带上留下的打点尽可能多, 以减小实验偶然误差, 故选项 C 正确。

②实验中使用的交变电流频率为  $50\text{Hz}$ , 因此打点计时器的打点周期为  $0.02\text{s}$ , 根据题图乙可知  $O$ 、 $A$ 、 $B$ 、 $C$  四个计数点间各有 5 个打点间隔, 即依次打四个计数点的时间间隔为  $t=0.1\text{s}$ , 实验中小车做匀加速直线运动,  $B$  点为小车通过  $AC$  段的中间时刻点, 根据匀变速直线运动中间时刻速度公式和平均速度公式可知:  $v_B = \bar{v}_{AC}$ ,  $\bar{v}_{AC} = \frac{\overline{AC}}{2t}$ , 根据图乙所示及图中数据有:  $\overline{AC} = \overline{OC} - \overline{OA} = 18.59\text{cm} - 5.53\text{cm} = 13.06\text{cm} = 0.1306\text{m}$ , 联立以上各式并代入数据, 同时考虑题设要求保留三位有效数字, 解得:  $v_B = 0.653\text{m/s}$ 。

**【学科网考点定位】** 考查了“探究恒力做功与动能变化的关系”实验, 属于课本基本实验。

(2) (12分) 硅光电池在无光照射时不产生电能, 可视为一电子元件。某实验小组设计如图甲电路, 给硅光电池加反向电压(硅光电池负极接高电势点, 正极接低电势点), 探究其在无光照时的反向伏安特性。图中电压表  $V_1$  量程选用  $3\text{V}$ , 内阻为  $6.0\text{k}\Omega$ ; 电压表  $V_2$  量程选用  $15\text{V}$ , 内阻约为  $30\text{k}\Omega$ ;  $R_0$  为保护电阻; 直流电源电动势约为  $12\text{V}$ , 内阻不计。

①根据图甲，用笔画线代替导线，将图乙连接成完整电路。

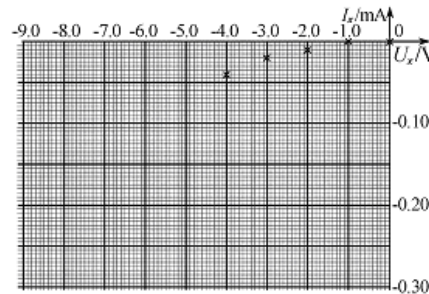


②用遮光罩罩住硅光电池，闭合开关  $S$ ，调节变阻器  $R$ ，读出电压表  $V_1$ 、 $V_2$  的示数  $U_1$ 、 $U_2$ 。

(i) 某次测量时，电压表  $V_1$  示数如图丙，则  $U_1 = \underline{\quad} \text{V}$ ，可算出通过硅光电池的反向电流大小为  $\underline{\quad} \text{mA}$ （保留两位小数）。

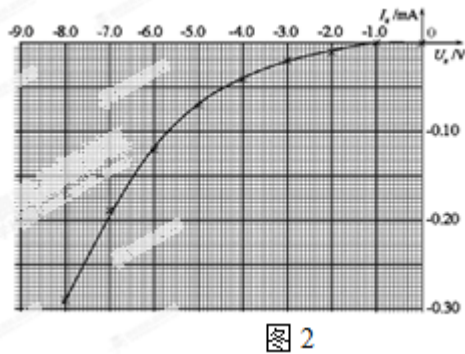
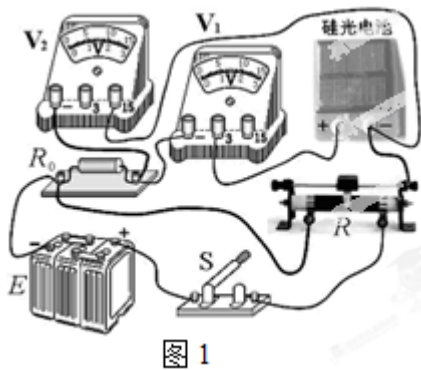
(ii) 该小组测出大量数据，筛选出下表所示的 9 组  $U_1$ 、 $U_2$  数据，算出相应的硅光电池两端反向电压  $U_x$  和通过的反向电流  $I_x$ （图中“—”表示反向），并在坐标纸上建立  $I_x-U_x$  坐标系，标出了与表中前 5 组  $U_x$ 、 $I_x$  数据对应的 5 个坐标点。请你标出余下的 4 个坐标点，并绘出  $I_x-U_x$  图线。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_1/\text{V}$	0.00	0.00	0.06	0.12	0.24	0.42	0.72	1.14	1.74
$U_2/\text{V}$	0.0	1.0	2.1	3.1	4.2	5.4	6.7	8.1	9.7
$U_x/\text{V}$	0.0	-1.0	-2.0	-3.0	-4.0	-5.0	-6.0	-7.0	-8.0
$I_x/\text{mA}$	0.00	0.00	-0.01	-0.02	-0.04	-0.07	-0.12	-0.19	-0.29



(iii) 由  $I_x-U_x$  图线知，硅光电池无光照下加反向电压时， $I_x$  与  $U_x$  成  $\underline{\quad}$ （填“线性”或“非线性”）关系。

**【答案】** ①如图 1 所示 ② (i) 1.40 0.23 (ii) 如图 2 所示 (iii) 非线性



**【解析】** ①根据题图甲可知，滑线变阻器采用了分压式接法，故左下端应引线接往电

源负极，电压表  $V_1$  与硅光电池串联后与电压表  $V_2$  并联，再与  $R_0$  串联后一起接到分压电路中，因此应从滑线变阻器的一个上接线柱引线至硅光电池的负接线柱（题中已说明硅光电池反接），再从电压表负接线柱引线至  $R_0$  右接线柱，如图 1 所示。

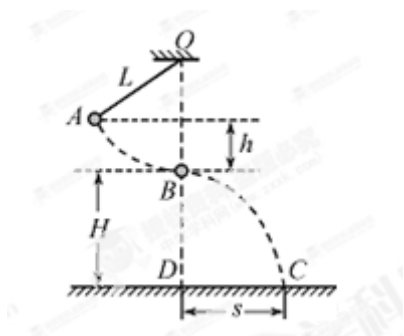
② (i) 由于电压表  $V_1$  采用 3V 的量程，因此最小刻度为 0.1V，根据图丙所示，指针指在 1.4V 位置，再往后估读一位 0.00V，因此电压表  $V_1$  的读数为  $1.4V+0.00V=1.40V$ ，根据部分电路欧姆定律可知，流过电压表  $V_1$  的电流为  $I_1=\frac{U_1}{R_1}$ ，由于硅光电池与电压表  $V_1$  是串联关系，因此通过硅光电池的反向电流也为  $I_1$ ，代入数据，并考虑题目要求保留两位小数，解得  $I_1=2.30\times 10^{-2}A=0.23mA$ 。

(ii) 根据表中数据在坐标图中定出另 4 个点，作出  $I_x-U_x$  关系图线如图 2 所示。

(iii) 由右图所画  $I_x-U_x$  关系图线为曲线可知  $I_x$  与  $U_x$  成非线性关系。

**【学科网考点定位】** 本题考查了“描绘硅光电池无光照时的反向伏安特性曲线”实验，属于课本“描绘小灯泡伏安特性曲线”实验的变形。

20. (15 分) 如图所示，一不可伸长的轻绳上端悬挂于  $O$  点，下端系一质量  $m=1.0kg$  的小球。现将小球拉到  $A$  点（保持绳绷直）由静止释放，当它经过  $B$  点时绳恰好被拉断，小球平抛后落在水平地面上的  $C$  点。地面上的  $D$  点与  $OB$  在同一竖直线上，已知绳长  $L=1.0m$ ， $B$  点离地高度  $H=1.0m$ ， $A$ 、 $B$  两点的高度差  $h=0.5m$ ，重力加速度  $g$  取  $10m/s^2$ ，不计空气阻力影响，求：



- (1) 地面上  $DC$  两点间的距离  $s$ ；
- (2) 轻绳所受的最大拉力大小。

**【答案】** (1) 1.41m (2) 20 N

**【解析】** (1) 设小球运动至  $B$  点的速度为  $v$ ，小球由  $A$  运动至  $B$  点的过程中，只有重力做功，根据动能定理有  $mgh=\frac{1}{2}mv^2-0$

小球由  $B$  至  $C$  过程中，做平抛运动，设平抛运动的时间为  $t$ ，根据平抛运动的规律

在水平方向上有： $s=vt$

②

在竖直方向上有： $H=\frac{1}{2}gt^2$

③

由①②③式联立，并代入数据解得： $s=\sqrt{2}m=1.41m$

(2) 在小球刚到达  $B$  点绳断瞬间前，受重力  $mg$  和绳的拉力  $T$  作用，根据牛顿第二定律有：

$$T-mg=\frac{mv^2}{L}$$

④

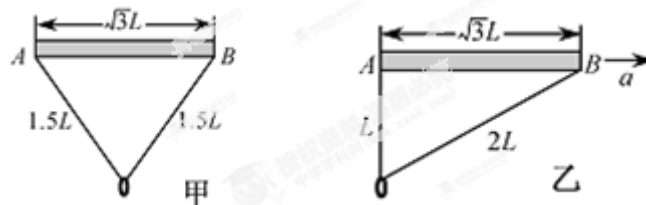
显然此时绳对小球的拉力最大，根据牛顿第三定律可知，绳所受小球的最大拉力为：

$$T'=T \text{ ⑤}$$

由①④⑤式联立，并代入数据解得： $T'=20N$ 。

**【学科网考点定位】** 本题综合考查了圆周运动向心力公式、平抛运动规律、动能定理（或机械能守恒定律）、牛顿运动定律的应用问题，难度中等。

21. (19分) 质量为  $M$ 、长为  $\sqrt{3}L$  的杆水平放置，杆两端  $A$ 、 $B$  系着长为  $3L$  的不可伸长且光滑的柔软绳，绳上套着一质量为  $m$  的小铁环。已知重力加速度为  $g$ ，不计空气影响。



(1) 现让杆和环均静止悬挂在空中，如图甲，求绳中拉力的大小；

(2) 若杆与环保持相对静止，在空中沿  $AB$  方向水平向右做匀加速直线运动，此时环恰好悬于  $A$  端的正下方，如图乙所示。

①求此状态下杆的加速度大小  $a$ ；

②为保持这种状态需在杆上施加一个多大的外力，方向如何？

**【答案】** (1)  $\frac{\sqrt{6}}{4}mg$  (1) ①  $\frac{\sqrt{3}}{3}g$  ②  $\frac{2\sqrt{3}}{3}(M+m)g$ ，方向与水平方向成  $\alpha=60^\circ$

斜向上

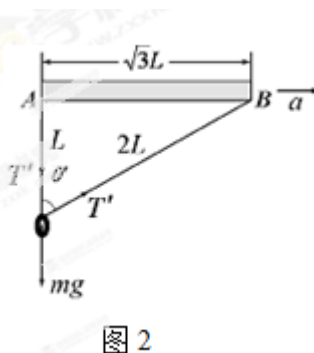
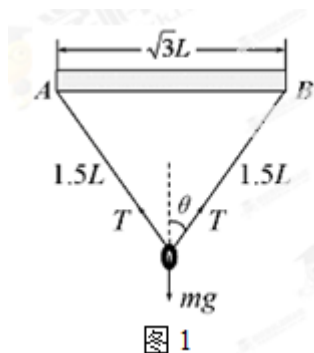
**【解析】** (1) 设平衡时绳中的拉力大小为  $T$ ，绳与竖直方向间的夹角为  $\theta$ ，小球还受重力  $mg$ ，如图 1 所示，根据共点力的平衡条件，在竖直方向上有： $2T\cos\theta=mg$

①

由图中几何关系有： $\sin\theta = \frac{\sqrt{3}L/2}{3L/2}$  ②

又有  $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$  ③

由①②③式联立解得： $T = \frac{\sqrt{6}}{4}mg$



(2) ①当杆与环保持相对静止呈图乙型随杆一起沿  $AB$  方向水平向右匀加速运动时，设此时绳中拉力为  $T'$ ，绳倾斜部分与竖直方向间的夹角为  $\theta'$ ，根据牛顿第二定律可知，

在水平方向上有： $T'\sin\theta' = ma$  ④

在竖直方向上有： $T' + T'\cos\theta' - mg = 0$  ⑤

由图中几何关系有： $\sin\theta' = \frac{\sqrt{3}L}{2L}$  ⑥

由④⑤⑥式联立解得： $a = \frac{\sqrt{3}}{3}g$  ⑦

②对环、杆整体，受重力  $(M+m)g$  和外力  $F$  作用，显然要保持整体水平向右加速运动，外力  $F$  应斜向上方，设  $F$  与水平方向间的夹角为  $\alpha$ ，根据牛顿第二定律可知，

在水平方向上有： $F\cos\alpha = (M+m)a$  ⑧

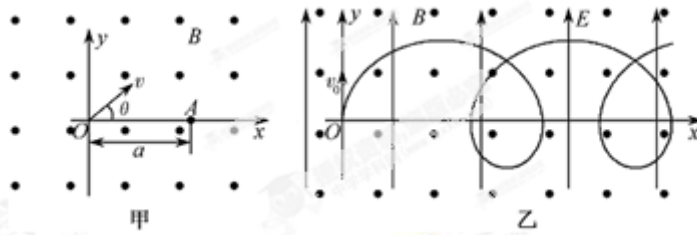
在竖直方向上有： $F\sin\alpha = (M+m)g$  ⑨

又有  $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$  ⑩

由⑦⑧⑨⑩式联立解得： $F = \frac{2\sqrt{3}}{3}(M+m)g$ ， $\alpha = 60^\circ$

**【学科网考点定位】** 本题主要考查了共点力平衡条件、牛顿第二定律的应用及整体法与隔离法的灵活使用问题，难度中等。

22. (20分) 如图甲所示，空间存在一范围足够大的垂直于  $xOy$  平面向外的匀强磁场，磁感应强度大小为  $B$ 。让质量为  $m$ ，电荷量为  $q$  ( $q > 0$ ) 的粒子从坐标原点  $O$  沿  $xOy$  平面以不同的初速度大小和方向入射到磁场中。不计重力和粒子间的影响。



(1) 若粒子以初速度  $v_1$  沿  $y$  轴正向入射，恰好能经过  $x$  轴上的  $A(a, 0)$  点，求  $v_1$  的大小；

(2) 已知一粒子的初速度大小为  $v$  ( $v > v_1$ )，为使该粒子能经过  $A(a, 0)$  点，其入射角  $\theta$  (粒子初速度与  $x$  轴正向的夹角) 有几个？并求出对应的  $\sin\theta$  值；

(3) 如图乙，若在此空间再加入沿  $y$  轴正向、大小为  $E$  的匀强电场，一粒子从  $O$  点以初速度  $v_0$  沿  $y$  轴正向发射。研究表明：粒子在  $xOy$  平面内做周期性运动，且在任一时刻，粒子速度的  $x$  分量  $v_x$  与其所在位置的  $y$  坐标成正比，比例系数与场强大小  $E$  无关。求该粒子运动过程中的最大速度值  $v_m$ 。

**【答案】** (1)  $\frac{qBa}{2m}$ ; (2) 两个  $\sin\theta = \frac{qBa}{2mv}$ ; (3)  $\frac{E}{B} + \sqrt{\frac{E^2}{B^2} + v_0^2}$ 。

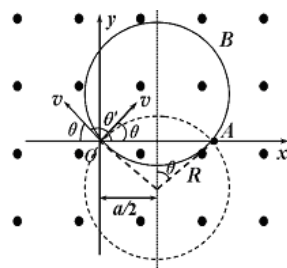
**【解析】** (1) 带电粒子以初速度  $v_1$  沿  $y$  轴正方向入射后，在磁场中做匀速圆周运动，刚好转过半周到达  $x$  轴上的  $A$  点，设此时的轨道半径为  $R_1$ ，有： $R_1 = a/2$  ①

由洛伦兹力提供粒子做圆周运动的向心力，根据牛顿第二定律有  $qBv_1 = \frac{mv_1^2}{R_1}$  ②

由①②式联立解得： $v_1 = \frac{qBa}{2m}$ 。

(2) 带电粒子以初速度  $v$  入射时，在磁场中仍然做匀速圆周运动，设此时轨道为  $R$ ，对照②式可知： $R = \frac{mv}{Bq}$  ③

由于  $v > v_1$ ，则  $R > R_1 = a/2$ ，要使其圆轨迹能经过  $A$  点，则  $\theta \neq 90^\circ$ ，绘出粒子的轨



迹图如图所示，轨迹圆有两个，但圆心都落在  $O_1$  的中垂线上，设做两个圆周运动的速度入射方向与  $x$  轴正方向的夹角分别为  $\theta$  和  $\theta'$ ，根据图中几何关系有： $\sin\theta' = \sin\theta = \frac{a}{2R}$  ④

由③④式联立解得： $\sin\theta = \frac{Bqa}{2mv}$ 。

(3) 粒子在磁场中仅受洛伦兹力和电场力作用，又洛伦兹力始终与速度方向垂直，不做功，因此只有电场力做功，根据题意可知，当粒子运动至  $+y$  方向最远处时，速度最大为  $v_m$ ，且沿  $+x$  方向，设  $+y$  方向最远处的  $y$  坐标为  $y_m$ ，由于  $v_x$  与  $y$  成正比，设比例系数为  $k$ ，有： $v_m = ky_m$  ⑤

根据动能定理有： $qEy_m = \frac{1}{2}mv_m^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$  ⑥

又因比例系数与电场强度  $E$  无关，因此若无电场，粒子将以速度  $v_0$  做匀速圆周运动，设轨道半径为  $R_0$ ，此时在  $+y$  方向最远处的  $y$  坐标为  $R_0$ ，有： $v_0 = kR_0$  ⑦

对 照 ② 式 可 知： $R_0 = \frac{mv_0}{Bq}$

⑧

由⑤⑥⑦⑧式联立解得： $v_m = \frac{E}{B} + \sqrt{\frac{E^2}{B^2} + v_0^2}$

**【学科网考点定位】** 本题主要考查带电粒子在磁场、复合场中的运动问题，以及分析问题、从题干中提取有用信息的能力问题。难度较大。

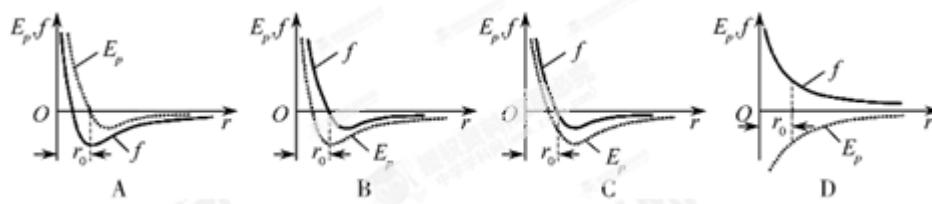
本解析为学科网名师解析团队原创，授权学科网独家使用，如有盗用，依法追责！

### 选考部分

第II卷必考部分共 5 题，共 35 分。其中第 29、30 题为物理题，第 31、32 题为化学题，考生从两道物理题、两道化学题中各任选一题作答，若第 29、30 题都作答，则按第 29 题计分，若第 31、32 题都作答，则按第 31 题计分；第 33 题为生物题，是必答题。答案必须填写在答题卡选答区域的指定位置上。

29. [物理-选修 3-3](本题共有两小题，每小题 6 分，共 12 分。每小题只有一个选项符合题意)

(1) 下列四幅图中，能正确反映分子间作用力  $f$  和分子势能  $E_p$  随分子间距离  $r$  变化关系的图线是\_\_\_\_\_。(填选图下方的字母)



**【答案】 B**

**【解析】** 当分子间距离  $r$  等于平衡距离  $r_0$  时，分子间作用力  $f$  表现为零，分子势能  $E_p$  最小，故只有选项 B 正确。

**【学科网考点定位】** 本题考查了分子间作用力、分子势能随分子间距离的变化关系问题，属于容易题。

(2) 某自行车轮胎的容积为  $V$ ，里面已有压强为  $p_0$  的空气，现在要使轮胎内的气压增大到  $p$ ，设充气过程为等温过程，空气可看作理想气体，轮胎容积保持不变，则还要向轮胎充入温度相同，压强也是  $p_0$ ，体积为\_\_\_\_的空气（填选项前的字母）

- A.  $\frac{p_0}{p}V$                       B.  $\frac{p}{p_0}V$                       C.  $\left(\frac{p}{p_0}-1\right)V$
- D.  $\left(\frac{p}{p_0}+1\right)V$

**【答案】 C**

**【解析】** 设需充入的气体体积为  $V_0$ ，由于整个过程中气体的温度保持不变，根据玻意耳定律有： $p_0(V+V_0)=pV$ ，解得： $V_0=\left(\frac{p}{p_0}-1\right)V$ ，故选项 C 正确。

**【学科网考点定位】** 本题玻意耳定律的应用问题，属于容易题。

30. [物理-选修 3-5] (本题共有两小题，每小题 6 分，共 12 分。每小题只有一个选项符合题意)

(1) 在卢瑟福  $\alpha$  粒子散射实验中，金箔中的原子核可以看作静止不动，下列各图画出的是其中两个  $\alpha$  粒子经历金箔散射过程的径迹，其中正确的是\_\_\_\_。(填选项下方的字母)



**【答案】 C**

**【解析】** 金箔原子核带正电，与  $\alpha$  粒子带同种电荷，彼此间相互排斥，又由曲线运动特征可知， $\alpha$  粒子所受金箔的排斥力应指向曲线的凹侧，故只有选项 C 正确。

**【学科网考点定位】** 考查对卢瑟福的  $\alpha$  粒子散射实验现象的识记问题，属于容易题。

(2) 将静置在地面上，质量为  $M$  (含燃料) 的火箭模型点火升空，在极短时间内以相对地面的速度  $v_0$  竖直向下喷出质量为  $m$  的炽热气体。忽略喷气过程重力和空气阻力的影响，则喷气结束时火箭模型获得的速度大小是\_\_\_\_。(填选项前的字母)

A.  $\frac{mv_0}{M}$       B.  $\frac{Mv_0}{m}$       C.  $\frac{Mv_0}{M-m}$       D.  $\frac{mv_0}{M-m}$

**【答案】 D**

**【解析】** 在不考虑重力和空气阻力影响的情况下，火箭及燃料气体系统在点火喷气过程中动量守恒，设喷气后火箭获得的速度为  $v$ ，并以  $v$  的方向为正方向，根据动量守恒定律

有： $0 = (M-m)v + m(-v_0)$ ，解得： $v = \frac{mv_0}{M-m}$ ，故选项 D 正确。

**【学科网考点定位】** 本题考查了反冲运动、动量守恒定律的应用问题，属于容易题。