

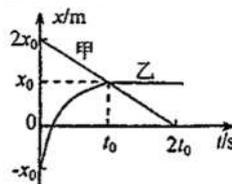
太原市 2016—2017 学年第一学期高三年级期末考试

物理试卷

一、单项选择题：本题包含 8 小题，每小题 5 分，共 40 分。请将正确选项填入第 II 卷前的答题栏内。

1. 甲、乙两质点同时沿同一直线运动，它们的 $x-t$ 图象如图所示。关于两质点的运动情况，下列说法正确的是

- A. 在 $0 \sim t_0$ 时间内，甲、乙的运动方向相同
- B. 在 $0 \sim t_0$ 时间内，乙的速度一直增大
- C. 在 $0 \sim t_0$ 时间内，乙平均速度的值大于甲平均速度的值
- D. 在 $0 \sim 2t_0$ 时间内，甲、乙发生的位移相同

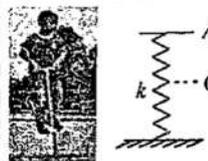


解析：本题考查 $x-t$ 图象与直线运动规律的综合应用。 $x-t$ 图象为位置-时间图像，斜率代表速度，所以甲从 $2x_0$ 位置开始运动，在 $0 \sim 2t_0$ 沿负方向做匀速运动，平均速度为 $-\frac{x_0}{t_0}$ ，位移为 $-2x_0$ ；乙从 $-x_0$ 位置开始运动， $0 \sim t_0$ 沿正方向运动，速度大小逐渐减小，平均速度为 $\frac{2x_0}{t_0}$ ，在 t_0 时刻减速到 0， $t_0 \sim 2t_0$ 速度为 0，保持静止， $0 \sim 2t_0$ 位移为 $2x_0$ 。

答案：C

2. 如图是一款儿童弹跳器，它底部的弹簧可简化为劲度系数为 k 的轻质弹簧。某次小孩在游乐时，弹到空中后从最高点开始下落，落地后将弹簧由 A 位置(原长)压缩至最低的 C 位置。不计空气阻力，则在从 A 到 C 的过程中

- A. 小孩的加速度先增大后减小
- B. 小孩重力的功率先增大后减小
- C. 小孩与地球组成系统的机械能守恒
- D. 弹簧弹力的功率一直不变

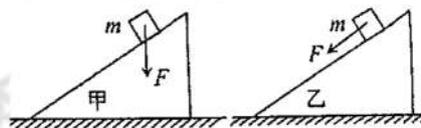


解析：本题考查弹簧弹力做功与机械能。弹簧压缩过 A 点后，弹簧开始产生弹力，方向与重力方向相反，大小随压缩量增大而增大，合力方向向下，大小逐渐减小，做加速度逐渐减小的加速运动；直至重力与弹力大小相等时，速度达到最大值，其后弹力大于重力，合力方向向上大小逐渐增大，做加速度逐渐增大的减速运动。所以小孩重力功率先增大后减少。在弹簧压缩至速度最大点之前，速度逐渐增大，弹簧弹力逐渐增大，所以其功率逐渐增大。小孩与地球组成的系统，小孩的动能一部分转化为重力势能，一部分转化为弹簧的弹性势能，所以小孩与地球这一系统的机械能总和在减少，不守恒。

答案：B

3. 如图，两个倾角相同的斜面体甲、乙静止在粗糙水平面上，质量为 m 的物块分别在竖直向下和沿斜面向下的外力 F 作用下沿斜面匀速下滑，整个过程斜面体始终静止，则

- A. 甲受地面向左的摩擦力
- B. 乙受地面的摩擦力为零
- C. 甲与 m 间的动摩擦因数小于乙与 m 间的动摩擦因数
- D. 乙对 m 的合力方向竖直向上



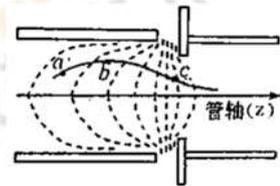
解析：本题考查整体法、隔离法。甲和 m 组成的系统在竖直方向受到向下的重力、 F 力和地面向

上的支持力。水平方向如果受到地面的摩擦力, 则没有力与其平衡, 斜面体将无法保持静止。乙和 m 组成的系统竖直方向受到向下的重力, 地面向上的支持, F 力沿竖直方向的分力。水平方向受到 F 力沿水平方向的分力, 所以还需要地面提供摩擦力来平衡这个力。乙上的小木块受到重力、 F 力以及乙提供的支持力与摩擦力, 为保持匀速运动状态, 支持力与摩擦力的合力(乙对 m 的合力)与重力、 F 力的合力大小相等方向相反, 不会竖直向下。对于甲上的 m , 摩擦力 $f_1=(mg+F)\sin\theta=\mu_1(mg+F)\cos\theta$, 对于乙上的 m , 摩擦力 $f_2=mgsin\theta+F=\mu_2mg\cos\theta$, 所以 $\mu_1<\mu_2$ 。
答案: C

- 4.2016年10月17日,“神舟十一号”飞船由长征二号F运载火箭发射升空;10月19日,飞船在距地面393公里的近圆轨道与“天宫二号”空间实验室实现自动交会对接,景海鹏和陈冬顺利进驻实验室。11月17日,飞船与实验室实施分离,18日返回舱顺利降落主着陆场。下列说法正确的是
- A.火箭上升过程中的动力来自于大气的反作用力
 - B.为实现对接,飞船在比空间实验室半径小的轨道上必须先加速
 - C.为实现对接,两者运行的速率都应介于第一宇宙速度和第二宇宙速度之间
 - D.进驻空间实验室后,两名航天员可以通过做俯卧撑来锻炼身体

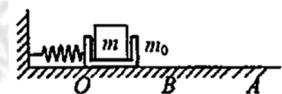
解析: 本题考查反冲, 天体运动。火箭依靠的是助推器喷射气体的反冲力向上运动。做圆周运动的飞船加速后, 万有引力已不足以提供其做圆周运动的向心力, 飞船做离心运动, 飞向半径更大的轨道。第一宇宙速度是最大环绕速度, 所以两者运行速度应小于等于第一宇宙速度。俯卧撑是依靠自重进行锻炼的项目, 但在空间实验室中, 航天员处于失重状态, 所以无法进行锻炼。
答案: B

- 5.如图为某示波管内的聚焦电场, 其中虚线为等势线, 相邻等势线间电势差相等。图中 a 、 b 、 c 是一个从左侧进入聚焦电场的电子运动轨迹上的三点, 若电子仅受电场力的作用, 其在 a 、 b 、 c 点的加速度大小分别为 a_a 、 a_b 、 a_c , 速度大小分别为 v_a 、 v_b 、 v_c , 则
- A. $a_c>a_b>a_a$, $v_c>v_b>v_a$
 - B. $a_a>a_b>a_c$, $v_a>v_b>v_c$
 - C. $a_b>a_c>a_a$, $v_b>v_a>v_c$
 - D. $a_a>a_c>a_b$, $v_a>v_c>v_b$



解析: 本题考查电场线等势线的性质。电场线密集的地方电场强度大, 所以 $F_c>F_b>F_a$ 所以 $a_c>a_b>a_a$, 电场力的方向垂直于等势线, 可以看到电场力方向与速度方向夹角一直为锐角, 所以速度大小一直在增加, 有 $v_c>v_b>v_a$ 。
答案: A

- 6.某研究性学习小组设计了如图的装置用来在月球上“称量”物体的质量。一轻质弹簧左端固定在竖直墙壁上, 质量为 m_0 的凹槽紧靠弹簧右端(不连接)将其压缩在 O 位置, 释放后凹槽左端恰能运动到 A 点。在凹槽放入被测物体, 再将弹簧压缩到 O 位置, 释放后凹槽离开弹簧, 左端恰能运动到 B 点, 测得 OA 、 OB 长分别为 x_1 和 x_2 。则被测物体的质量为
- A. $\frac{x_1-x_2}{x_2} m_0$
 - B. $\frac{x_1+x_2}{x_2} m_0$
 - C. $\frac{x_1}{x_2} m_0$
 - D. $\frac{x_2}{x_1} m_0$



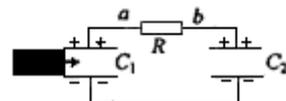
解析: 本题考查功能关系。两次弹簧压缩到同一位置, 具有的弹性势能相同。第一次以弹簧和 m_0 为系统, 有 $E_p-\mu m_0 g x_1=0$; 第二次以弹簧、 m 、 m_0 为系统, 有 $E_p-\mu(m_0+m)g x_2=0$; 联立两方程得

到 $m = \frac{x_1 - x_2}{x_2} m_0$ 。

答案：A

7.如图， C_1 和 C_2 是两个完全相同的平行板电容器，带有等量电荷。现在电容器 C_1 的两极板间插入一块云母，已知云母的厚度与 C_1 两板间距相等、面积与 C_1 正对面积相同，则在云母插入的过程以及云母全部插入停止运动并达到稳定后

- A.插入云母的过程中， R 上有由 a 向 b 的电流通过
- B.达到稳定后， C_1 的带电量小于 C_2 的带电量
- C.达到稳定后， C_1 内的电场强度大于 C_2 内的电场强度
- D.达到稳定后， C_1 内的电场强度等于 C_2 内的电场强度

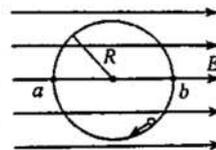


解析：本题考查电容器。对于此电路达到稳定后两电容器的电压是相同的，插入云母的过程中， C_1 逐渐增大，根据 $Q=UC$ ，所以两极板间电压会逐渐减小，电流由 b 流向 a ；达到稳定后两极板间电压相等 $C_1 > C_2$ ，所以 C_1 的带电量要大于 C_2 的带电量，两极板间电压相等，间距相等，所以电场强度相等。

答案：D

8.如图，匀强电场中有一半径为 R 的竖直光滑绝缘圆轨道，轨道平面与电场方向平行。 a 、 b 为轨道直径的两端，该直径与电场方向平行且均沿水平方向。一电荷为 $q(q>0)$ 的质点沿轨道内侧运动，经过 a 点和 b 点时对轨道压力的大小分别为 N_a 和 N_b ，已知质点所受电场力是重力的 $\frac{4}{3}$ 倍，则

- A.电场强度的大小为 $\frac{N_b - N_a}{3q}$
- B.质点经过 a 点的动能为 $\frac{1}{12}(5N_a - N_b)R$
- C.质点经过 b 点的动能为 $\frac{1}{12}(5N_a - N_b)R$
- D.质点做圆周运动过程中的最大动能为 $\frac{1}{24}(11N_b + N_a)R$



解析：本题考查圆周运动向心力与动能定理。 a 点向心力为 $\frac{mv_a^2}{R} = qE + N_a$ ， b 点向心力为 $\frac{mv_b^2}{R} = N_b - qE$ ， a 到 b 的过程中只有电场力做正功，重力做功为零，有 $\frac{1}{2}mv_b^2 - \frac{1}{2}mv_a^2 = qE2R$ 。由以上式子可得电场强度 $E = \frac{N_b - N_a}{6q}$ ， a 点动能为 $\frac{1}{12}(5N_a + N_b)R$ ， b 点动能为 $\frac{1}{12}(5N_b + N_a)R$ 。

答案：D

二、多项选择题：本题包含 4 小题，每小题 5 分，共 20 分。在每小题给出的四个选项中，至少有两个选项正确。全部选对的得 5 分，选不全的得 3 分，有错者或不答的得 0 分。请将正确选项填入第 II 卷前的答题栏内。

9.北京时间 8 月 10 日，在 2016 里约奥运会男子举重 69 公斤级比赛中，中国举重运动员石智勇以抓举 162 公斤，挺举 190 公斤，总成绩 352 公斤夺得金牌。下列说法正确的是



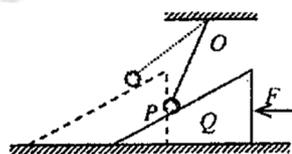
- A.在举起杠铃的过程中，运动员对地面的压力一直增加
- B.在举起杠铃的过程中，运动员对地面的压力先增加后减小
- C.杠铃被举到最高点时，两手间距离越大，运动员手臂用力越大
- D.杠铃被举到最高点时，两手间距离越大，运动员手臂用力越小

解析：本题考查超重失重与力的合成。运动员举杠铃的过程首先加速向上，处于超重状态，后减速向上，出失重状态，所以地面对运动员压力先增大后减小。两臂的合力等于重力，两手间距离越大，两臂张开角度就越大，手臂用力也就越大。

答案：BC

10.如图，不可伸长的轻绳的一端固定在 O 点，另一端拴接一小球 P 放在光滑斜面体上。现用水平外力 F 向左推 Q ，使 Q 在水平面上缓慢移动。在细线与斜面达到平行前的过程中，下列说法正确的是

- A.斜面对小球的弹力一直增大
- B.轻绳对小球的拉力先减小后增大
- C.斜面的弹力对小球做正功
- D.水平力 F 一直增大

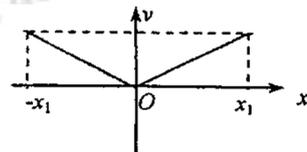


解析：本题考查矢量三角形与正交分解的应用。 Q 缓慢移动，则整个移动过程始终处于平衡状态。小球受到重力、斜面支持力和绳子的拉力，斜面支持力和绳子的拉力的合力与重力等大反向，支持力方向始终不变，随着绳子与竖直方向夹角越来越大(夹角始终小于 90°)，斜面支持力一直增大，绳子的拉力一直减小(当绳子与斜面平行时最小)。斜面的弹力与小球运动方向夹角为锐角，故做正功。对于斜面而言，受到 F 力，重力，地面支持力、小球的弹力。水平方向受力为小球弹力的分力和 F 力，小球弹力一直增大，所以水平力 F 一直增大。

答案：ACD

11.一个带正电的试探电荷，仅在电场力作用下在 x 轴上从 $-x_1$ 向 x_1 运动，其速度 v 随位置 x 变化的图象如图所示，由图象可知

- A. 电荷从 $x=-x_1$ 运动到 $x=0$ 的过程做匀减速直线运动
- B.从 $x=0$ 到 $x=x_1$ ，电场强度逐渐增大
- C.在 x 轴上， $x=0$ 处电势最低
- D.从 $x=-x_1$ 到 $x=x_1$ 的过程中，电荷的电势能先增大后减小



解析：本题考查运动学图象与静电场的综合应用。由 $v-x$ 图我们可以看出电荷从 $x=-x_1$ 运动到 $x=0$ 的过程，速度随位置均匀减少，而不是随时间，所以不是匀减速。从 $x=0$ 到 $x=x_1$ ，速度随位置均匀增加，那么动能就随位置成二次函数形式增加，动能变化随位置增加的越来越快，那么电场力的功的变化随位置越来越快，所以电场强度随位置逐渐增大。从 $x=-x_1$ 到 $x=x_1$ 的过程中，速度先减小在增大，电场力先做负功后做正功，所以电势能先增大后减小； $x=0$ 处电势也不是 x 轴上最低的。

答案：BD

12.水平地面上有质量分别为 m 和 $2m$ 的物块 A 和 B ，两者与地面的动摩擦因数均为 μ 细绳的一端固定，另一端跨过轻质光滑滑轮与 A 相连，动滑轮与 B 相连。如图所示。初始时，绳处于水平拉直状态。若物块 B 在水平向左的恒力 F 作用下向左移动了一段距离。则在这一过程中

A. 物块 A 的加速度 $a_A = \frac{F-4\mu mg}{3m}$

B. 物块 B 的加速度 $a_B = \frac{F-4\mu mg}{2m}$

C. 物块 A 和物块 B 克服摩擦力做功的功率相等

D. 细绳的拉力大小为 $\frac{F-2\mu mg}{3}$



解析: 本题考查牛顿第二定律的应用。根据动滑轮的特点, 如果 B 的位移为 s , 那么 A 的位移就为 $2s$ 。所以 $a_A=2a_B, v_A=2v_B$ 。受力分析得到, 对于 B: $F - \mu 2mg - 2F_T = 2ma_B$, 对于 A: $F_T - \mu mg = ma_A$ 。联立上面三个式子得到 $a_A = \frac{F-4\mu mg}{3m}$, $a_B = \frac{F-4\mu mg}{6m}$, $F_T = \frac{F-\mu mg}{3}$ 。A 克服摩擦力做功的功率 $\mu mg v_A = \mu mg 2v_B$, B 克服摩擦力做功的功率 $\mu 2mg v_B$, 两项相等。

答案: AC

三、实验题: 本题包含 2 小题, 共 20 分。请将答案填在题中横线上或按要求作答。

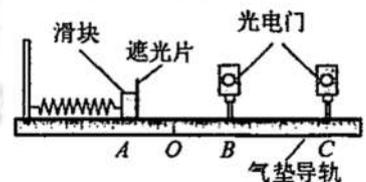
13.(8 分) 小明通过研究发现, 劲度系数为 k , 压缩量为 x 的弹簧在恢复到原长的过程中对外做的功可以表示为 $W = \frac{1}{2} kx^2$ 。于是设计了如图的装置探究功与速度变化的关系。将弹簧放置在外带刻度的水平气垫导轨上, 左端固定, 自然状态时右端在 O 点; 在 O 点右侧的 B、C 位置各安装一个光电门, 计时器(图中未画出)与两个光电门相连。将带有遮光片的滑块(可视为质点)压缩弹簧到某位置 A 由静止释放, 计时器显示遮光片从 B 到 C 所用的时间 t , 在刻度尺上读出 A、O 之间的距离 x 。改变 A 点的位置, 重复上述操作, 可以记录多组数据。不考虑各种阻力, 完成下列填空。

(1)若要计算滑块离开弹簧时的速度 v , 还必需测量的物理量有_____ (填名称与符号), 计算速度的表达式为 $v = \frac{L}{t}$ (符号表示)。

(2)小明在实验中记录的数据如下表所示

分析可知, 弹簧弹力做的功 W 与滑块获得的速度 v 之间的关系是_____

- A. W 与 v 成正比
- B. W 与 v 成正比
- C. W^2 与 v 成正比
- D. W^2 与 v^2 成正比



x (cm)	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
x^2 (cm ²)	1.00	4.00	9.00	16.00	25.00
t ($\times 10^{-2}$ s)	5.98	2.99	1.99	1.50	1.20
$\frac{1}{t}$ (s ⁻¹)	16.7	33.4	50.3	66.7	83.3
$\frac{1}{t^2}$ (s ⁻²)	280	1119	2525	4444	6944

(3)关于此实验, 下列说法正确的是_____

- A.适当增大两光电门间的距离会增大实验误差
- B.适当增大两光电门间的距离可以减小实验误差
- C.用此装置探究弹簧弹力做功与滑块动能变化的关系必须测出滑块的质量
- D.用此装置探究弹簧弹力做功与滑块动能变化的关系不需测量滑块的质量

解析: (1) 气垫导轨忽略摩擦, 所以滑块离开弹簧后做匀速直线运动, 已知滑块穿过 B、C 所需的时间, 所以还需测量 BC 之间的距离 L , 由 $v = \frac{L}{t}$ 可得速度。

(2) 弹簧弹力做功全部转化为物块的动能, 有 $\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2$, 则表格可知在误差允许的范围内, x^2 与 v^2 成正比, 即 W 与 v^2 成正比。

(3) 适当增加两光电门的距离, 可以稍增加滑块运动的时间, 使测量数据误差减小; 研究弹簧做功与动能变化关系时不需要测量质量, 因为 k 、 m 都是定值, 只需证明 x^2 与 v^2 成正比即可证明弹力做功与动能变化之间的关系。

答案: (1) 两光电门之间的距离 L (或 BC 间的距离 BC) L/t ;
(2) B; (3) BD

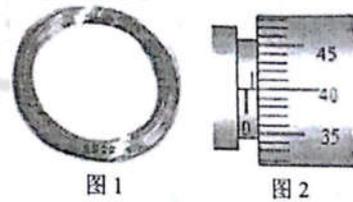
14.(12分)图 1 是一盘外表绝缘的镍铜合金丝, 已知其长度约为 50m, 粗测其电阻约为 40Ω 。为知道金属丝的准确长度, 实验小组进行了如下工作:

(1) 查得镍铜合金的电阻率为 $\rho = 5.0 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$, 且镍铜合金的电阻率不受温度变化的影响。

(2) 用螺旋测微器测其直径 D 如图 2 所示, 则 $D =$ _____;

(3) 该小组身边可用的主要器材如下

- ① 电流表 A_1 (量程 $0 \sim 10 \text{ mA}$, 内阻等于 90Ω)
- ② 电流表 A_2 (量程 $0 \sim 1 \text{ mA}$, 内阻等于 100Ω)
- ③ 滑动变阻器 R ($0 \sim 20 \Omega$, 额定电流 2 A)
- ④ 定值电阻 R_1 (阻值等于 $3.9 \text{ k}\Omega$)
- ⑤ 定值电阻 R_2 (阻值等于 10Ω)
- ⑥ 电源 (电动势为 4.5 V , 内阻很小)



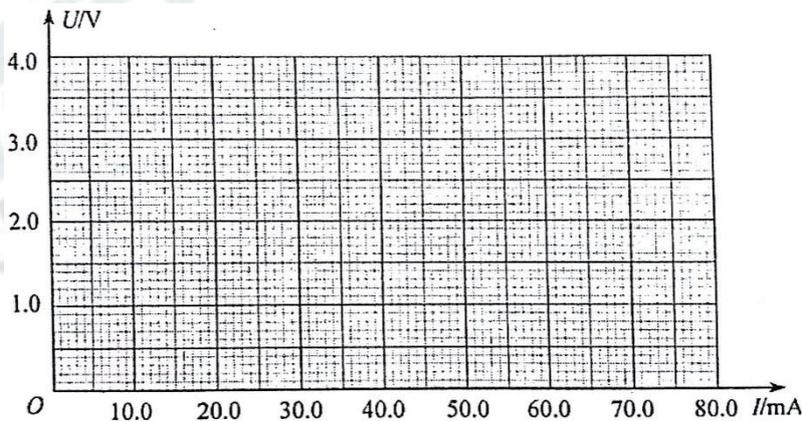
为了准确测量金属丝的电阻 R_x , 该小组设计了如图 3 的电路描绘合金丝的

$U-I$ 图线, 图中电流表 G 应选择 _____, 电流表 A 应选择 _____, 定值电阻 R' 应选择 _____, 定值电阻 R'' 应选择 _____ (填器材序号)。

(4) 该小组在实验中得到七组合金丝两端电压 U 和通过电流 I 的数据如下表:

电流 I (mA)	5.9	15.3	28.5	40.5	52.5	68.5	75.8
电压 U (V)	0.25	0.67	1.21	1.72	2.23	2.70	3.24

请在图 4 中绘出合金丝的 $U-I$ 图线。



(5) 由图 4 可知, 合金丝的电阻 $R_x =$ _____ Ω 。(保留三位有效数字)

(6) 由以上数据可求出合金丝的长度 $L =$ _____ m。(保留两位有效数字)

解析: (1) 由螺旋测微器读数原则可知答案。

(2) 本实验需要电流表和电压表，但题目当中给的两个电流表量程都过小，所以需要进行电表的改装，小量程电流表改装串联大电阻改装成电压表；大量程电流表并联小电阻改装成大量程电流表，即可得答案。

(3) 如图所示，由斜率可得 R

(4) 由 $R = \rho \frac{L}{S}$ ，可得 $L = \frac{RS}{\rho} = \frac{R\pi(\frac{D}{2})^2}{\rho}$ ，可得答案。

答案：(2) 0.900(0.898~0.902 均可)

(3) A_2, A_1, R_1, R_2

(4) 图略

(5) 42.6 (42.2~43.0)

(6) 54 (52~26)

15.(12分)在平直的高速公路行车道上，有五辆间距为 100 m 的货车以 90 km/h 的速度匀速行驶，在第五辆车后 200 m 处的相邻车道上，有一小型客车的行驶速度也为 90 km/h。该小型客车司机为了超过前面的货车，先使客车做匀加速运动，当客车速度达到 108 km/h 时，保持速度不变。从客车开始加速到刚好超过这五辆货车，所用时间为 125 s，忽略货车的长度，求：

(1) 客车加速的时间；

(2) 客车加速时加速度的大小。

解析：(1) 货车的速度与客车的初速度相同，设为 v_0 ，客车加速后速度为 $v=30\text{m/s}$ ，设客车追及过程总时间为 t ，加速阶段时间为 t_1 ，位移为 x_1 ，匀速阶段位移为 x_2

$$x_1 = \frac{v_0 + v}{2} t_1$$

$$x_2 = v(t - t_1)$$

货车在此过程的位移

$$x = v_0 t$$

由几何关系

$$x_1 + x_2 = x + (5-1) \times 100 \text{ m} + 200 \text{ m}$$

解得： $t_1 = 10 \text{ s}$

(2) 客车加速时的加速度

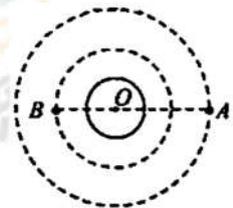
$$a = \frac{v - v_0}{t_1}$$

解得： $a = 0.5 \text{ m/s}^2$

16.(12分)据媒体 6 月 3 日消息，科学家在太阳系发现一颗新天体“V774104”，其与地球的相似度为 99.9%，科学家称这是有史以来发现与地球最接近的一颗“超级地球”。假设 A 为“V774104”的同步卫星，离地高度为 h_1 ；另一卫星 B 的圆形轨道位于其赤道平面内，离地高度为 $h_2 (h_2 < h_1)$ ，某时刻 A、B 两卫星恰好相距最远。已知该星球的半径为 R ，表面的重力加速度为 g 。

(1) 求“V774104”自转的角速度 ω_0

(2) 如果卫星 B 绕行方向与“V774104”自转方向相同，从该时刻开始，经过多长时间 A、B 两卫星恰好第一次相距最近？



解析：(1) 设同步卫星 A 的质量为 m_1 ，“V774104”的质量为 M ， m_2 为地面上一物体质量

$$G \frac{Mm_1}{(R+h_1)^2} = m_1(R+h_1)\omega_0^2$$

$$G \frac{Mm_2}{R^2} = m_2g$$

$$\omega_0 = \frac{R}{(R+h_1)} \sqrt{\frac{g}{(R+h_1)}}$$

(2) 设卫星 B 的质量为 m_3 ，角速度为 ω ，经过 Δt 时间 A、B 两卫星恰好第一次相距最近

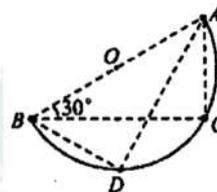
$$G \frac{Mm_3}{(R+h_3)^2} = m_3(R+h_3)\omega^2$$

$$(\omega - \omega_0)\Delta t = \pi$$

解得：

$$\Delta t = \frac{\pi}{R \left(\sqrt{\frac{g}{(R+h_2)^3}} - \sqrt{\frac{g}{(R+h_1)^3}} \right)}$$

17.(14分) 如图所示，固定在竖直平面内的光滑绝缘半圆环的两端点 A、B，分别安放两个电荷量均为 $+Q$ 的带电小球，A、B 连线与水平方向成 30° 角，在半圆环上穿着一质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的小球。已知半圆环的半径为 R ，重力加速度为 g ，静电力常量为 k ，将小球从 A 点正下方的 C 点由静止释放，当小球运动到最低点 D 时，求：



(1) 小球的速度大小；

(2) 小球对轨道的作用力。

解析：(1) 由静电场知识和几何关系可知，C、D 两点电势相等，小球由 C 运动到 D 的过程中

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

由几何关系可知： $h = \frac{R}{2}$

解得： $v = \sqrt{gR}$

(2) 小球运动到 D 点时， $AD = \sqrt{3}R$ ， $BD = R$ ，小球分别受到 A、B 两端点电荷的作用力为

$$F_A = k \frac{Qq}{3R^2}$$

$$F_B = k \frac{Qq}{R^2}$$

设圆弧轨道对小球的支持力为 F_N

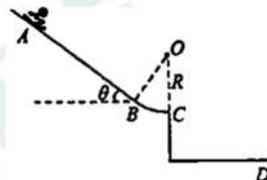
$$F_N - F_A \cos 30^\circ - F_B \sin 30^\circ - mg = m \frac{v^2}{R}$$

由牛顿第三定律小球对轨道的压力 $F'_N = F_N$

解得： $F'_N = \frac{3+\sqrt{3}}{6} \times k \frac{Qq}{R^2} + 2mg$ ，方向竖直向下

18.(14分)我国将于 2022 年举办冬季奥运会，跳台滑雪是其中最具观赏性的项目之一。当滑雪板相对雪地速度较小时，滑雪板与雪地间的摩擦力较大，当滑雪板相对雪地速度较大时，滑雪板会把雪

内的空气逼出来，在滑雪板与雪地间形成一个暂时的“气垫”，从而大大减小雪地对滑雪板的摩擦。假设滑雪者的速度超过 4 m/s 时，滑雪板与雪地间的动摩擦因数就会由 $\mu_1=0.25$ 变为 $\mu_2=0.125$ 。如图所示，一运动员从倾角 $\theta=37^\circ$ 的长直助滑道 AB 的 A 处由静止开始自由下滑，滑至末端 B 后沿切线进入一半径为 $R=21\text{m}$ 的竖直光滑圆弧轨道 BC ，并从最低点 C 沿水平方向飞出，最后落在水平地面上的 D 点。不计空气阻力， AB 长度 $s=40.4\text{m}$ ， C 与 D 点的高度差 $h=3.2\text{m}$ ，取 $g=10\text{ m/s}^2$ ， $\sin 37^\circ=0.6$ ， $\cos 37^\circ=0.8$ 。求：



- (1) 运动员到达 B 时的速率；
(2) D 点与 C 点的水平距离。

解析：(1) 设运动员质量为 m ，从静止开始加速过程的的加速度为 a_1 ，发生的位移为 s_1

$$mg\sin 37^\circ - \mu_1 mg\cos 37^\circ = ma_1$$

$$v_2 = 2a_1s_1$$

在助跑滑道上改变动摩擦因数后加速度为 a_2 ，发生的位移为 s_2

$$mg\sin 37^\circ - \mu_2 mg\cos 37^\circ = ma_2$$

运动员到达助滑跑道末端 B 时的速度为 v_B

$$v_B^2 - v^2 = 2a_2s_2$$

$$s_2 = s - s_1$$

解得： $v_B=20\text{m/s}$

(2) 运动员到 C 时的速度为 v_C

$$mgR(1 - \cos 37^\circ) = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

设运动员从 C 到 D 所用时间为 t ， D 点与 C 点的水平距离为 x

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$x = v_Ct$$

解得： $x = 17.6\text{ m}$

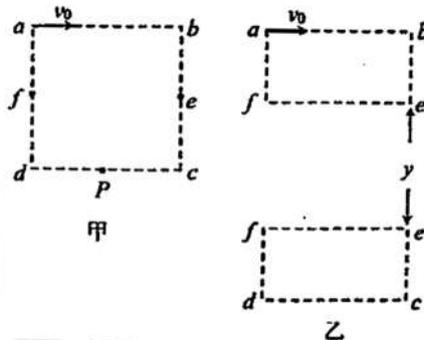
19.(18分)如图甲所示、边长为 L 的正方形区域 $abcd$ 内有竖直向下的匀强电场、 e 、 f 分别为 bc 和 ad 的中点。质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的粒子以初速度 v_0 进入电场，恰好从 cd 的中点 P 飞出。不计粒子重力。

(1) 求电场强度的大小；

(2) 其他条件不变，仅减小电场强度，使粒子恰好从 bc 的中点 e 飞出，求粒子从 e 飞出时速度的大小；

(3) 其他条件不变，将电场分成 $abef$ 和 $cdfe$ 相同的两部分，并将 $cdfe$ 向下平移一段距离 y ，

使粒子恰好从 c 点飞出，如图乙所示，求 y 的大小。



解析：(1) 设粒子从 a 运动到 P 的时间为 t ，电场强度大小为 E

$$qE = ma$$

$$\frac{L}{2} = v_0t$$

$$L = \frac{1}{2}at^2$$

解得： $E = \frac{8mv_0^2}{qL}$

(2) 设粒子从 a 运动到 e 的时间为 t' ，粒子从 e 射出时速度为 v ，沿 bc 方向分速度为 v_y

$$L = v_0 t'$$

$$\frac{L}{2} = \frac{v_y}{2} t'$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2}$$

解得： $v = \sqrt{2}v_0$

(3) 设粒子离开 ef 时沿 bc 方向的分速度为 v_{1y} ，粒子在两电场之间的水平位移为 $\frac{L}{2}$

$$v_{1y}^2 = 2a \frac{L}{2}$$

$$\frac{y}{\frac{L}{2}} = \frac{v_{1y}}{v_0}$$

解得： $y = \sqrt{2}L$