

昭通市第一中学 2025 年秋季学期高二年级开学考试

物 理

本试卷分第 I 卷（选择题）和第 II 卷（非选择题）两部分。第 I 卷第 1 页至第 4 页，第 II 卷第 4 页至第 8 页。考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。满分 100 分，考试用时 75 分钟。

第 I 卷（选择题，共 46 分）

注意事项：

1. 答题前，考生务必用黑色碳素笔将自己的姓名、准考证号、考场号、座位号在答题卡上填写清楚。
2. 每小题选出答案后，用 2B 铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。在试题卷上作答无效。

一、选择题（本大题共 10 小题，共 46 分。在每小题给出的四个选项中，第 1~7 题只有一项符合题目要求，每小题 4 分；第 8~10 题有多项符合题目要求，每小题 6 分，全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有错选的得 0 分）

1. 关于图 1，说法正确的是

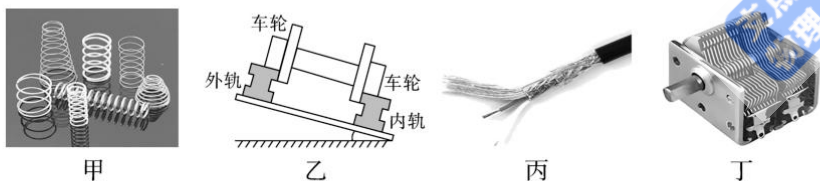


图 1

- A. 甲图中弹簧越粗，劲度系数越小
 - B. 乙图中火车转弯时总会与内轨或外轨挤压
 - C. 丙图中用金属网包裹话筒线是为了防止干扰信号侵入
 - D. 丁图是一种可变电容器，通过调节铝片的间距来改变电容
2. 如图 2 所示，一物块在水平力作用下沿光滑水平面运动，某段时间内力 F 保持作用点和大小不变，方向逆时针匀速旋转 90° ，此过程中物块始终没有离开地面，在力 F 旋转过程中，物块的

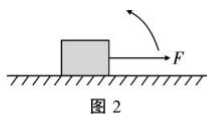
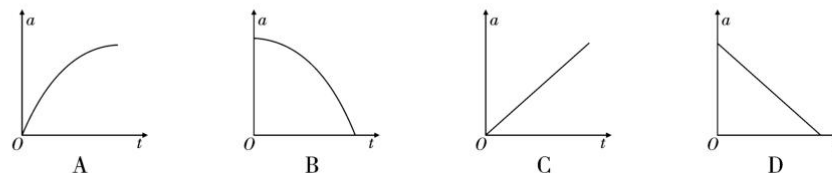


图 2

加速度 a 随时间 t 变化的图像为



- A. 1.8km/s
 - B. 3.7km/s
 - C. 17.0km/s
 - D. 35.5km/s
4. 气球质量为 100kg ，载有质量为 50kg 的人，静止在空中距地面 20m 的地方，气球下悬一根质量可忽略不计的绳子，此人想从气球上沿绳缓慢下滑至安全到达地面，则这根绳长至少为
- A. 6.67m
 - B. 20m
 - C. 30m
 - D. 60m
5. 如图 3 所示，有一平行板电容器的可动极板 M 、固定极板 N 水平放置，触压 M 时 M 会下凹，且与理想电源相连； P 为两极板间一固定点。若电源两端电压保持不变，则触压 M 使之缓慢下凹过程中，下列判断正确的是

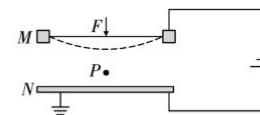


图 3

- A. 电容器的电容减小
 - B. P 点的电场强度变大
 - C. 电容器的电荷量变小
 - D. 电容器两端电压变大
6. 如图 4 甲所示为电场中的一条电场线，在电场线上建立 x 坐标轴，则坐标轴上 $O \sim x_2$ 间各点的电势分布如图乙所示，下列说法正确的是

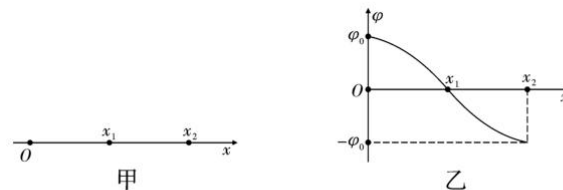


图 4

- A. 在 $O \sim x_2$ 间，电场强度先减小后增大
- B. 在 $O \sim x_2$ 间，电场强度方向没有发生变化
- C. 若一负电荷从 O 点运动到 x_2 点，电势能逐渐减小
- D. 一正电荷从 O 点由静止释放，仅受电场力作用，则其在 $O \sim x_2$ 间一直做匀加速运动

7. 如图 5, 由高压水枪竖直向上喷出的水柱, 将一个质量为 16kg 的小铁盒开口向下倒顶在空中, 铁盒悬停的位置距离水枪口的距离为 1.8m 。已知水以恒定速率从横截面积为 $S=10^{-3}\text{m}^2$ 的水枪中持续喷出, 向上运动并冲击铁盒后, 水流以不变的速率竖直返回; 忽略水在与盒作用时水的重力的影响, 水的密度为 10^3kg/m^3 , $g=10\text{m/s}^2$, 则下列说法正确的是

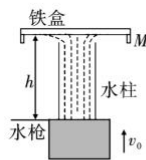


图 5

- A. 水冲击铁盒后以 5m/s 的速度返回
 B. 水枪的输出功率为 4kW
 C. 水从水枪口喷出的速度为 10m/s
 D. 以上结果均不对

8. 如图 6 所示, 边长为 0.1m 的正六边形 $ABCDEF$ 置于匀强电场中, 且正六边形所在平面和电场线平行。A、B、D 三个顶点处的电势分别为 1V 、 2V 、 3V 。下列说法正确的是

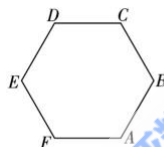


图 6

- A. 通过 C、D 两点的直线为电场中的等势线
 B. 匀强电场的电场强度大小为 10V/m
 C. A、E 连线中点的电势为 1.5V
 D. 将一个电子由 E 点移动到 D 点, 电子的电势能将增加 $6 \times 10^{-19}\text{J}$

9. 如图 7, 一大型工厂内足够长的水平传送带左端有一个与传送带等高的光滑平台, 二者平滑连接于 A 点, 传送带始终以大小为 $v=3\text{m/s}$ 的速度逆时针匀速转动, 在平台上一工件以水平向右、大小为 $v_0=6\text{m/s}$ 的速度从 A 点冲上传送带。已知工件的质量为 $m=2\text{kg}$ 且可视为质点, 工件与传送带间的动摩擦因数为 $\mu=0.5$, 重力加速度大小取 $g=10\text{m/s}^2$ 。下列说法正确的是

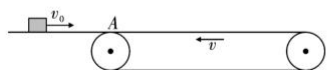


图 7

- A. 工件在传送带上向右运动的最大距离为 3.6m
 B. 工件在传送带上运动的时间为 2.4s
 C. 工件在传送带上留下的划痕长度为 7.2m
 D. 工件在传送带上运动的整个过程中系统因摩擦产生的热量为 81J

10. 如图 8 所示, 足够大的水平圆台中央固定一光滑竖直细杆, 原长为 L 的轻质弹簧套在竖直杆上, 质量均为 m 的光滑小球 A、B 用长为 L 的轻杆及光滑铰链相连, 小球 A 穿过竖直杆置于弹簧上。让小球 B 以不同的角速度 ω 绕竖直杆匀速转动, 当转动的角速度为 ω_0 时, 小球 B 刚好离开台面。弹簧始终在弹性限度内, 劲度系数为 k , 重力加速度为 g , 则下列判断正确的是

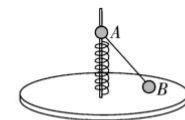


图 8

- A. 小球均静止时, 弹簧的长度为 $L - \frac{mg}{k}$
 B. 角速度 $\omega = \omega_0$ 时, 小球 A 对弹簧的压力为 mg
 C. 角速度 $\omega_0 = \sqrt{\frac{kg}{kL - 2mg}}$
 D. 角速度从 ω_0 继续增大的过程中, 小球 A 对弹簧的压力不变

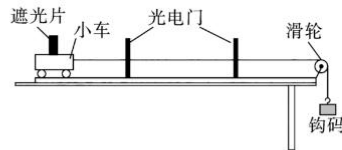
第 II 卷 (非选择题, 共 54 分)

注意事项:

第 II 卷用黑色碳素笔在答题卡上各题的答题区域内作答, 在试题卷上作答无效。

二、填空、实验题 (本大题共 2 小题, 共 16 分)

11. (10 分) 某小组探究物体加速度与其所受合外力的关系。实验装置如图 9 (a) 所示, 水平轨道上安装两个光电门, 小车上固定一遮光片, 细线一端与小车连接, 另一端跨过定滑轮挂上钩码。



(a)

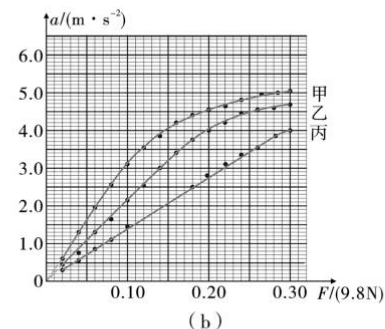


图 9

(1) 实验前调节轨道右端滑轮高度，使细线与轨道平行。再适当垫高轨道左端的目的是_____。

(2) 小车（包括遮光片）的质量为 $M_1 = 320\text{g}$ 。利用光电门系统测出不同钩码质量 m 时小车加速度 a 。钩码所受重力记为 F ，作出 $a-F$ 图像，如图（b）中图线甲所示。

(3) 由图线甲可知， F 较小时， a 与 F 成正比； F 较大时， a 与 F 不成正比。为了进一步探究，将小车（包括遮光片）的质量增加至 $M_2 = 470\text{g}$ ，重复步骤（2）测量过程，作出 $a-F$ 图像，如图（b）中图线乙所示。与图线甲相比，图线乙的线性区间_____（填“较大”“较小”或“相同”）。

(4) 再将小车（包括遮光片）的质量增加至 $M_3 = 720\text{g}$ ，重复步骤（2）的测量过程，作出 $a-F$ 图像，如图（b）中图线丙所示。

(5) 根据以上实验结果猜想和推断：小车（包括遮光片）的质量 M _____（填“远大于”“远小于”）钩码质量 m 时， a 与 F 成正比；不满足这个条件时， $a-F$ 图像的切线斜率 $k =$ _____， k 会随着钩码质量 m 的增大而_____（填“变大”“变小”或“不变”）。

12. (6分) 某同学用如图 10 甲所示装置通过半径相同的 A 、 B 两球的碰撞来寻找碰撞中的不变量，图中 PQ 是斜槽， QR 为水平槽，实验时先使 A 球从斜槽上某一固定位置 C 由静止开始滚下，落到位于水平地面的记录纸上，留下痕迹，重复上述操作 10 次，得到 10 个落点痕迹；再把 B 球放在水平槽上靠近槽末端的地方，让 A 球仍从位置 C 由静止开始滚下，和 B 球碰撞后， A 、 B 球分别在记录纸上留下各自的落点痕迹，重复这种操作 10 次。图中 O 是水平槽末端口在记录纸上的垂直投影点， P' 为未放被碰小球 B 时 A 球的平均落点， M 为与 B 球碰后 A 球的平均落点， N 为被碰球 B 的平均落点。若 B 球落点痕迹如图乙所示，其中米尺水平放置，且平行于 OP' 。米尺的零点与 O 点对齐。（注意 $m_A > m_B$ ）

(1) 如图乙，碰撞后 B 球的水平射程应为_____ cm。

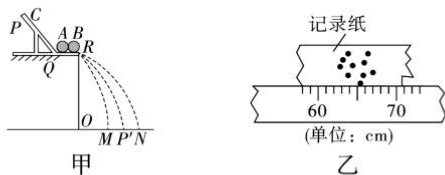


图 10

(2) 在以下选项中，哪些是本次实验没必要进行的测量？_____（填选项序号）。

- A. 测量 A 球或 B 球的直径
- B. 测量 A 球和 B 球的质量
- C. 水平槽上未放 B 球时，测量 A 球落点位置到 O 点的距离
- D. A 球与 B 球碰撞后，测量 A 球落点位置到 O 点的距离
- E. 测量 C 点相对于水平槽面的高度

(3) 实验所需验证的表达式为_____。

三、计算题（本大题共 3 小题，共 38 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤，只写出最后结果的不能得分。有数据计算的题，答案中必须明确写出数值和单位）

13. (10分) 如图 11 所示，真空中固定放置两块较大的平行金属板，板间距为 d ，下极板接地，板间匀强电场大小恒为 E 。现有一质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$) 的金属微粒，从两极板中央 O 点由静止释放。若微粒与极板碰撞前后瞬间机械能不变，碰撞后电性与极板相同，所带电荷量的绝对值不变。不计微粒重力。求：

- (1) 微粒第一次到达下极板所需时间；
- (2) 微粒第一次从上极板回到 O 点时的动量大小。

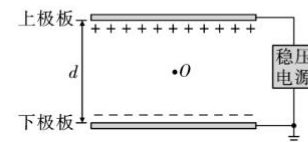


图 11

14. (12分) 我国神舟十八号载人飞船于2024年04月25日成功发射,其发射过程简化如下:如图12,飞船由火箭送入近地点为A、远地点为B的椭圆轨道上,在B点变轨刚好与预定圆轨道上的空间站实现对接。空间站在预定圆轨道上运行的周期为 T ,预定圆轨道的半径为 r ,椭圆轨道的远地点B到地心距离为近地点A到地心距离的 k 倍,引力常量为 G ,求:

- (1) 地球的质量;
- (2) 飞船在椭圆轨道上正常运行经过B点时的加速度大小;
- (3) 飞船从A运动到B点,需要的时间至少为多少?

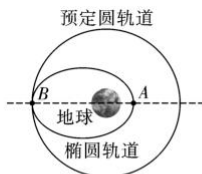


图12

15. (16分) 如图13所示,在一光滑绝缘平台上放置一可视为质点的带正电小球,电量为 q ,质量为 $m=1\text{kg}$,平台右侧空间存在沿水平方向的匀强电场,场强大小 $E=\frac{mg}{q}$,方向可以调控,电场中某位置有一光滑绝缘圆弧轨道,轨道半径 $R=0.6\text{m}$,通过调节电场方向和轨道位置,可以使带电小球从B点沿圆弧切线无能量损失地进入轨道,并且在到达最高点C前不脱离轨道。某时刻用一质量为 $\frac{1}{2}m$ 的绝缘小球以速度 $v_0=3\text{m/s}$ 向右与带电小球发生弹性正碰。小球刚到平台边缘A点时电场方向水平向左,经过时间 t (未知),电场方向变为水平向右,小球刚好能沿直线运动,经过一段距离运动到B后沿切线进入圆弧轨道。重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$,小球带电量不变,不考虑电场边界效应,电场变化带来的电磁效应,结果中可保留根式和分数。求:

- (1) 带电小球刚进入电场时的速度大小;
- (2) 从小球进入电场开始计时,电场方向水平向左持续的时间 t ;
- (3) 若小球刚好能够沿圆弧轨道到达C,求小球在轨道上的最大动能是多少? 这种情况下,带电小球在进入圆弧轨道前沿直线运动的距离 s 为多大?

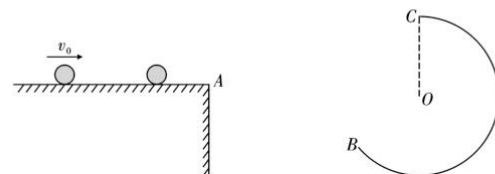


图13

昭通市第一中学 2025 年秋季学期高二年级开学考试

物理参考答案

第 I 卷（选择题，共 46 分）

一、选择题（本大题共 10 小题，共 46 分。在每小题给出的四个选项中，第 1~7 题只有一项符合题目要求，每小题 4 分；第 8~10 题有多项符合题目要求，每小题 6 分，全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有错选的得 0 分）

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	C	B	B	C	B	B	C	AC	AD	ACD

【解析】

1. 弹簧的劲度系数与弹簧的粗细有关，弹簧越粗，劲度系数越大，故 A 错误。当火车所受重力与轨道的支持力的合力恰好提供火车转弯的向心力，则火车轮缘与内外轨间均不发生挤压，故 B 错误。丙图中用金属网包裹话筒线是利用静电屏蔽的原理，防止干扰信号侵入，故 C 正确。丁图是一种可变电容器，通过调节铝片的正对面积来改变电容，故 D 错误。

2. 据牛顿第二定律可得 $F\cos\alpha = ma$ ，即 $a = \frac{F}{m}\cos\alpha$ ，故选 B。

3. 设地球的半径为 R ，则火星半径为 $R_1 = \frac{1}{2}R$ ，地球的质量为 M ，则火星的质量为 $M_1 = \frac{1}{9}M$ ，

航天器在火星表面附近绕火星做匀速圆周运动时，由火星的万有引力提供向心力，则有

$$\frac{GM_1m}{R_1^2} = \frac{mv_1^2}{R_1}; \text{ 对于近地物体，由地球的万有引力提供向心力，则得 } \frac{GMm'}{R^2} = \frac{m'v^2}{R}; \text{ 联}$$

$$\text{立解得 } \frac{v_1}{v} = \frac{\sqrt{\frac{GM_1}{R_1}}}{\sqrt{\frac{GM}{R}}} = \sqrt{\frac{M_1 R}{MR_1}} = \frac{\sqrt{2}}{3}; \text{ 又近地的速度约为 } v = 7.9\text{km/s}, \text{ 可得航天器的速率为}$$

$$v_1 = \frac{\sqrt{2}}{3}v = \frac{7.9 \times 1.4}{3}\text{km/s} \approx 3.7\text{km/s}。$$

4. 以人和气球组成的系统为研究对象，系统动量守恒，设人在沿绳缓慢下滑时的速度为 v_1 ，气球的速度为 v_2 ，经过时间 t 人安全到达地面，人运动的位移为 $s_1 = 20\text{m}$ ，气球上升的位

移为 s_2 ，因为人从气球上沿绳慢慢下滑，所以整个过程可看成匀速直线运动，有

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0, \text{ 则 } m_1 \frac{s_1}{t} - m_2 \frac{s_2}{t} = 0, \text{ 解得 } s_2 = \frac{1}{2} s_1 = 10\text{m}, \text{ 所以绳长最短为 } 20\text{m} + 10\text{m} = 30\text{m},$$

故选 C。

5. 电源两端电压 U 保持不变，则触压 M 使之缓慢下凹过程中，根据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ ，两板间距减

小，可知电容器的电容 C 变大；根据 $E = \frac{U}{d}$ ，可知 P 点场强变大；根据 $Q = CU$ 可知，电

容器带电量变大。故选 B。

6. 图乙的斜率表示电场强度，从图上可以看出斜率先变大后变小，所以电场强度先变大后变

小，故 A 错误。在 $O \sim x_2$ 间可以看出，电势逐渐降低，电场强度的方向从高电势指向低电

势，所以场强方向沿 x 轴正方向，故 B 正确。对负电荷来说，电势越低，电势能越大，所

以从 O 点运动到 x_2 点，负电荷的电势能逐渐增大，故 C 错误。由在 $O \sim x_2$ 之间图线的斜率

不是定值可知，电场是非匀强电场，所以电荷受电场力是变力，电荷要做变加速运动，故

D 错误。

7. 设水从水枪口喷出的速度为 v_0 ，极短时间 Δt 内水与小铁盒作用过程中，对水由动量定理可

得 $F\Delta t = \rho v_0 \Delta t S \times 2v$ ，水从枪口喷出到铁盒处由 $v^2 - v_0^2 = -2gh$ ，其中 $F = m_{\text{铁盒}} g$ ， $h = 1.8\text{m}$ ，

解得 $v = 8\text{m/s}$ ， $v_0 = 10\text{m/s}$ ，故 A、D 错误，C 正确。时间 Δt 内从枪口喷出水的动能为

$E = \frac{1}{2} \rho S v_0 \Delta t \cdot v_0^2$ ，则水枪的输出功率为 $P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{1}{2} \rho S v_0 \cdot v_0^2 = 0.5\text{kW}$ ，故 B 错误。

8. 连接 AD ， AD 中点电势为 2V ，由正六边形对称性，则 EB 、 AF 、 CD 均为电场中的等势线，

故 A 正确。匀强电场的场强大小为 $E = \frac{U_{DF}}{DF} = \frac{2}{2 \times 0.1 \times \sin 60^\circ} \text{V/m} = \frac{20\sqrt{3}}{3} \text{V/m}$ ，故 B 错误。

匀强电场中，沿着同一方向，距离相同的两点间电势差相等，又 A 、 E 点处的电势分别为

1V 和 2V ，故 AE 连线中点的电势为 1.5V ，故 C 正确。由上得知， E 的电势为 2V ， D 点

的电势为 3V ，则电子从 E 点移到 D 点电场力做正功，电势能将减小，减小量为

$\Delta E_p = (-e)U_{ED} = 1.6 \times 10^{-19} \text{J}$ ，故 D 错误。

9. 工件在传送带上向右滑动时，规定向右为正方向，由牛顿第二定律得 $-\mu mg = ma$ ，解得

$a = -\mu g = -5\text{m/s}^2$ ，由运动学公式得 $0 - v_0^2 = 2ax$ ，解得 $x = 3.6\text{m}$ ，故 A 正确。工件在传送

带上先向右减速到 0，再反向加速到 v ，再匀速运动到左边平台。向右匀减速的时间

$$t_1 = \frac{0-v_0}{a} = \frac{0-6}{-5} \text{s} = 1.2\text{s}, \text{ 向左加速滑动的加速度大小 } a' = \frac{\mu mg}{m} = \mu g = 5\text{m/s}^2, \text{ 向左加速的}$$

$$\text{时间为 } t_2 = \frac{v}{a'} = \frac{3}{5} \text{s} = 0.6\text{s}, \text{ 向左加速的位移大小 } x_1 = \frac{v}{2} t_2 = \frac{3}{2} \times 0.6\text{s} = 0.9\text{m}, \text{ 向左匀速运动时}$$

$$\text{间 } t_3 = \frac{x-x_1}{v} = \frac{3.6-0.9}{3} \text{s} = 0.9\text{s}, \text{ 工件在传送带上运动的时间 } t = t_1 + t_2 + t_3 = 2.7\text{s}, \text{ 故 B 错误。}$$

开始时相向运动，划痕 $\Delta x_1 = x + vt_1 = 3.6\text{m} + 3 \times 1.2\text{m} = 7.2\text{m}$ ，反向加速为同向运动，划痕

$$\Delta x_2 = vt_2 - \frac{v}{2} t_2 = 0.9\text{m}, \text{ 故 } \Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 8.1\text{m}, \text{ 故 C 错误。摩擦生热}$$

$$Q = \mu mg(\Delta x_1 + \Delta x_2) = 81\text{J}, \text{ 故 D 正确。}$$

10. 若两球静止时，受力平衡，故杆的弹力为零，对 A 球受力分析可知 $kx = mg$ ，解得

$$x = \frac{mg}{k}, \text{ 故此时弹簧的长度为 } L - \frac{mg}{k}, \text{ 故 A 正确。当转动的角速度为 } \omega_0 \text{ 时，小球 B 刚}$$

好离开台面，设杆与转盘的夹角为 θ ，对于 B 球，由牛顿第二定律可知 $\frac{mg}{\tan \theta} = m\omega_0^2 L \cos \theta$ ，

根据平衡条件有 $F_{\text{杆}} \sin \theta = mg$ ，而对 A 球依然处于平衡，则有 $F_{\text{杆}} \sin \theta + mg = kx' = F_{\text{弹}}$ ，

$$\text{由几何关系可知 } \sin \theta = \frac{L-x'}{L}, \text{ 联立解得 } F_{\text{弹}} = 2mg、\omega_0 = \sqrt{\frac{kg}{kL-2mg}}, \text{ 根据牛顿第三定}$$

律可知，小球 A 对弹簧的压力为 $2mg$ ，故 B 错误，C 正确。当角速度从 ω_0 继续增大，B

球将飘起来，杆与水平方向的夹角 θ 变小，对 A 与 B 的系统，在竖直方向始终处于平衡，

则有 $F_{\text{弹}} = F_{\text{杆}} \sin \theta + mg = 2mg$ ，则弹簧对 A 球的弹力是 $2mg$ ，由牛顿第三定律可知 A 球

对弹簧的压力依然为 $2mg$ ，弹簧的形变量不变，故 D 正确。

第II卷（非选择题，共 54 分）

二、填空、实验题（本大题共 2 小题，共 16 分）

11.（每空 2 分，共 10 分）

(1) 平衡小车所受摩擦力

(3) 较大

(5) 远大于 $\frac{1}{M+m}$ 变小

12. (每空 2 分, 共 6 分)

(1) 64.7 (64.2~65.2 均可)

(2) AE

(3) $m_A \cdot OP' = m_A \cdot OM + m_B \cdot ON$

三、计算题 (本大题共 3 小题, 共 38 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤, 只写出最后结果的不能得分。有数据计算的题, 答案中必须明确写出数值和单位)

13. (10 分)

解: (1) 由牛顿第二定律 $qE = ma$ ①

由运动学公式 $\frac{d}{2} = \frac{1}{2}at^2$ ②

联立可得微粒第一次到达下极板所需的时间为 $t = \sqrt{\frac{md}{qE}}$ ③

(2) 微粒第一次到达下极板时的速度大小为 $v_1 = at = \sqrt{\frac{qEd}{m}}$ ④

由于微粒与极板碰撞前后瞬间机械能不变, 碰撞后电性与极板相同, 所带电荷量的绝对值不变, 设微粒碰后第一次到达上极板时的速度大小为 v_2 , 满足 $v_2^2 - v_1^2 = 2ad$ ⑤

代入解得 $v_2 = \sqrt{\frac{3qEd}{m}}$ ⑥

同理可得微粒第一次从上极板回到 O 点时的速度大小为 v_3 , 满足 $v_3^2 - v_2^2 = 2a\frac{d}{2}$ ⑦

代入解得 $v_3 = 2\sqrt{\frac{qEd}{m}}$ ⑧

故微粒第一次从上极板回到 O 点时的动量大小为 $p = mv_3 = 2\sqrt{qEdm}$ ⑨

评分标准: 本题共 10 分。正确得出⑨式给 2 分, 其余各式各给 1 分。

14. (12 分)

解: (1) 设地球质量为 M , 由万有引力提供向心力可得

$$\frac{GMm}{r^2} = m\frac{4\pi^2}{T^2}r \quad ①$$

解得地球质量为

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} \quad ②$$

(2) 飞船在椭圆轨道上正常运行经过 B 点时, 由牛顿第二定律可得

$$\frac{GMm}{r^2} = ma \quad (3)$$

可得加速度大小为

$$a = \frac{GM}{r^2} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} \quad (4)$$

(3) 椭圆轨道的远地点 B 到地心距离为近地点 A 到地心距离的 k 倍, 则椭圆轨道的半长

$$\text{轴为 } a = \frac{r + \frac{r}{k}}{2} = \frac{(k+1)r}{2k} \quad (5)$$

设椭圆轨道的周期为 T' , 根据开普勒第三定律可得

$$\frac{a^3}{T'^2} = \frac{r^3}{T^2} \quad (6)$$

$$\text{解得 } T' = T \sqrt{\left(\frac{k+1}{2k}\right)^3} \quad (7)$$

则飞船从 A 运动到 B 点, 需要的时间至少为

$$t = \frac{1}{2}T' = \frac{T}{2} \sqrt{\left(\frac{k+1}{2k}\right)^3} \quad (8)$$

评分标准: 本题共 12 分。正确得出①、③、⑤、⑥式各给 2 分, 其余各式各给 1 分。

15. (16 分)

解: (1) 两球发生弹性正碰, 根据动量守恒和机械能守恒可得

$$\frac{1}{2}mv_0 = \frac{1}{2}mv_1 + mv_2 \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \quad (2)$$

解得带电小球刚进入电场时的速度大小为

$$v_2 = 2\text{m/s} \quad (3)$$

(2) 带电小球刚进入电场时, 受到的合力大小为

$$F_{\text{合}} = \sqrt{(qE)^2 + (mg)^2} = \sqrt{2}mg \quad (4)$$

方向与竖直方向成 45° 偏左下; 当电场反向时, 合力大小为 $F_{\text{合}} = \sqrt{2}mg$ (5)

方向与竖直方向成 45° 偏右下；由于电场方向变为水平向右，小球刚好能沿直线运动，则

$$\text{场反方向的过程，小球速度方向偏转 } 45^\circ, \text{ 则有 } a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = \sqrt{2}g \quad (6)$$

$$\text{电场方向水平向左持续的时间为 } t = \frac{v_2 \sin 45^\circ}{a} \quad (7)$$

$$\text{解得 } t = 0.1\text{s} \quad (8)$$

(3) 若小球刚好能够沿圆弧轨道到达 C ，则有

$$mg = m \frac{v_C^2}{R} \quad (9)$$

$$\text{解得 } v_C = \sqrt{6}\text{m/s} \quad (10)$$

根据电场力和重力的合力方向，可知小球在圆弧轨道的等效最低点 D 和圆心连线与竖直方向夹角为 45° ，根据动能定理可得

$$-\sqrt{2}mg(R + R \sin 45^\circ) = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_D^2 \quad (11)$$

解得小球在轨道上的最大动能为

$$E_{\text{km}} = \frac{1}{2}mv_D^2 = (9 + 6\sqrt{2})\text{J} \quad (12)$$

电场方向改变时时小球的速度大小为

$$v_3 = v_2 \cos 45^\circ = \sqrt{2}\text{m/s} \quad (13)$$

根据动能定理可得

$$F_{\text{合}}(s - R \sin 45^\circ) = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_3^2 \quad (14)$$

$$\text{解得 } s = \frac{2\sqrt{2}}{5}\text{m} \quad (15)$$

评分标准：本题共 16 分。正确得出⑬式给 2 分，其余各式各给 1 分。