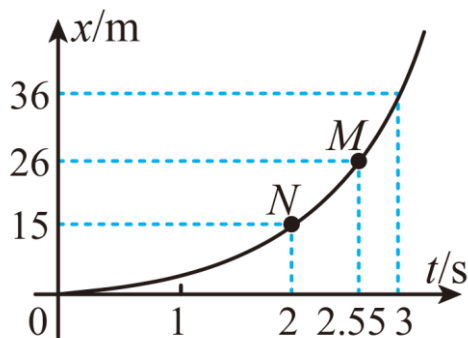


2023-2024 学年度上学期 9 月开学考试

物理试卷

一选择题 (1-7 单选, 每题 4 分; 8-10 多选, 每题 6 分, 漏选 3 分, 错选 0 分)

1. 中国海军服役的歼 - 15 舰载机在航母甲板上加速起飞过程中, 某段时间内战斗机的位移时间 ($x - t$) 图像如图所示, 则 ()



- A. 由图可知, 舰载机起飞的运动轨迹是曲线
- B. 在 $0 \sim 3\text{s}$ 内, 舰载机的平均速度大于 12m/s
- C. 在 M 点对应的位置, 舰载机的速度大于 20m/s
- D. 在 N 点对应的时刻, 舰载机的速度为 7.5m/s

【答案】C

【详解】A. 根据 $x - t$ 图像的斜率表示速度, 可知 $x - t$ 图像只能表示物体两个运动方向, 所以 $x - t$ 图像只能表示直线运动的规律, 即知舰载机起飞的运动轨迹是直线, A 错误;

B. 在 $0 \sim 3\text{s}$ 内, 舰载机通过的位移为

$$x = 36\text{m} - 0 = 36\text{m}$$

平均速度为

$$\bar{v} = \frac{x}{t} = \frac{36}{3} \text{m/s} = 12\text{m/s}$$

B 错误;

C. $2 - 2.55\text{s}$ 内的平均速度为

$$\bar{v} = \frac{x_{MN}}{t_{MN}} = \frac{26 - 15}{2.55 - 2} \text{m/s} = 20\text{m/s}$$

根据 $2 - 2.55\text{s}$ 内的平均速度等于 MN 连线的斜率大小, 在 M 点对应的位置舰载机的速度等于过 M 点的切线斜率大小, 可知在 M 点对应的位置, 舰载机的速度大于 MN 段平均速度 20m/s , C 正确;

D. 在 $0 - 2\text{s}$ 内的平均速度为

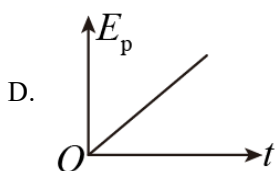
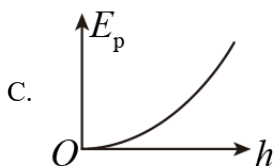
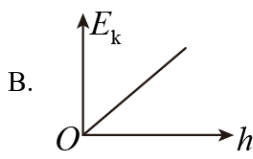
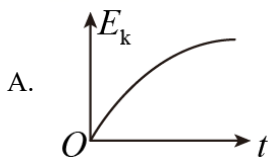
$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{15 - 0}{2} \text{m/s} = 7.5\text{m/s}$$

$0 - 2\text{s}$ 内的平均速度等于 ON 连线的斜率大小, 在 N 点对应的时刻舰载机的速度等于过 N 点的切线斜率大小, 可知

在 N 点对应的时刻，舰载机的速度大于 ON 段平均速度 7.5m/s ， D 错误；

故选 C 。

2. 一物体在竖直向上的恒定外力作用下，从水平地面由静止开始向上做匀加速直线运动， E_k 代表动能， E_p 代表势能， h 代表离地的高度，以地面为零势能面，下列能正确反映各物理量之间关系的图像是（ ）



【答案】B

【详解】AB. 设外力大小为 F ，物体的加速度大小为 a ，根据动能定理和运动学规律有

$$E_k = Fh = \frac{1}{2}at^2F$$

由上式可知 E_k 与 h 成正比例关系， E_k-h 图像为过原点的倾斜直线； E_k 与 t 成二次函数关系， E_k-t 图像为过原点的开口向上的抛物线的右半部分，故 A 错误，B 正确；

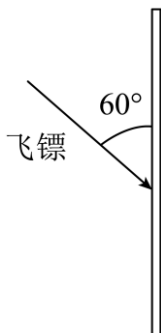
CD. 设物体重力大小为 G ，根据重力势能的定义和运动学规律有

$$E_p = Gh = \frac{1}{2}at^2G$$

由上式可知 E_p 与 h 成正比例关系， E_p-h 图像为过原点的倾斜直线； E_p 与 t 成二次函数关系， E_p-t 图像为过原点的开口向上的抛物线的右半部分，故 CD 错误。

故选 B。

3. 某中学的教师运动会进行了飞镖项目的比赛，镖靶竖直固定，某物理老师站在离镖靶一定距离的某处，将飞镖水平掷出，飞镖插在靶上的状态如图所示。测得飞镖轴线与靶面上侧的夹角为 60° ，抛出点到靶面的水平距离为 $3\sqrt{3}\text{m}$ 。不计空气阻力。飞镖抛出瞬间的速度大小为（ ）（ g 取 10m/s^2 ）



A. $\sqrt{30}\text{m/s}$

B. $\sqrt{15}\text{m/s}$

C. $\frac{3\sqrt{10}}{2}\text{m/s}$

D. $3\sqrt{10}\text{m/s}$

【答案】D

【详解】飞镖击中靶面时的水平速度为 v_0 ，则竖直速度

$$v_y = v_0 \tan 30^\circ = gt$$

水平方向

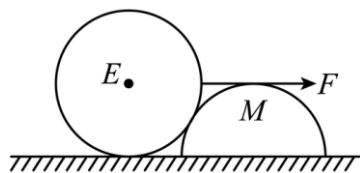
$$x = v_0 t$$

解得

$$v_0 = 3\sqrt{10} \text{ m/s}$$

故选 D。

4. 如图所示，半径相同、质量分布均匀的圆柱体 E 和半圆柱体 M 靠在一起，E、M 之间无摩擦力，E 的重力为 G ，M 下表面粗糙，E、M 均静止在水平地面上，现过 E 的轴心施以水平作用力 F ，可缓慢地将 E 拉离地面一直滑到 M 的顶端，整个过程中，M 始终处于静止状态，对该过程的分析，下列说法不正确的是（ ）

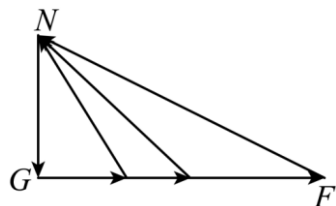


- A. 地面所受 M 的压力不变
- B. 地面对 M 的摩擦力逐渐增大
- C. 开始时拉力 F 最大，且为 $\sqrt{3}G$ ，以后逐渐减小为 0
- D. E、M 间的压力开始时最大，且为 $2G$ ，以后逐渐减小到 G

【答案】B

【详解】A. 取整体为研究对象，地面所受 M 的压力不变，总等于二者的总重力，A 正确，不符合题意；

CD. 圆柱体 E 受重力 G 、拉力 F 、半圆柱体的支持力 N 作用处于平衡状态，这三个力构成封闭三角形，如图所示



开始时 N 与竖直方向成 60° 角，对应图中的最大三角形，此时拉力 F 和半圆柱体的支持力 N 都最大，其大小分别为

$$F_m = G \tan 60^\circ = \sqrt{3}G$$

$$N_m = \frac{G}{\cos 60^\circ} = 2G$$

随着 E 向上移动，三角形逐渐减小，拉力 F 、半圆柱体的支持力 N 都逐渐减小，当 E 移动到 M 顶端时， F 减小到零， N 减小到 G ，故开始时拉力 F 最大，且为 $\sqrt{3}G$ ，以后逐渐减小为 0，E、M 间的压力开始时最大，且为 $2G$ ，以后逐渐减小到 G ，CD 正确，不符合题意；

A. 地球的第一宇宙速度为 $\frac{2\pi}{T} \sqrt{\frac{(R+h)^3}{R}}$

B. 空间站的运行速度为 $\frac{2\pi R}{T}$

C. 航天员出舱与空间站保持相对静止时受到的合力为零

D. 空间站绕地球运动的向心加速度大于地面的重力加速度

【答案】A

【详解】A. 设地球质量为 M ，空间站质量为 m ，对空间站根据万有引力提供向心力有

$$\frac{GMm}{(R+h)^2} = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot (R+h)$$

对质量为 m_0 的物体在地球上达到第一宇宙速度时有

$$\frac{GMm_0}{R^2} = m_0 \frac{v^2}{R}$$

联立解得

$$v = \frac{2\pi}{T} \sqrt{\frac{(R+h)^3}{R}}$$

A 正确；

B. 空间站的运行速度为

$$v_1 = \frac{2\pi(R+h)}{T}$$

B 错误；

C. 航天员出舱与空间站保持相对静止时仍然受到地球的万有引力作用，所受合力不为零，C 错误；

D. 空间站绕地球运动时有

$$\frac{GMm}{(R+h)^2} = ma$$

在地面时有

$$\frac{GMm}{R^2} = mg$$

可得

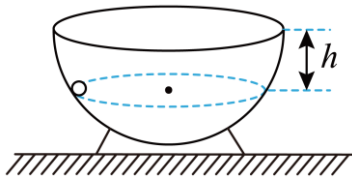
$$a < g$$

D 错误。

故选 A。

7. 如图所示，质量为 M 、半径为 R 的半球形碗放置于水平地面上，碗内壁光滑。现使质量为 m 的小球沿碗壁做匀速圆周运动，其轨道平面与碗口平面的高度差用 h 表示，运动过程中碗始终保持静止，设碗与地面间的最大静摩

擦力等于滑动摩擦力，下列说法正确的是（ ）



A. h 越小，地面对碗的摩擦力越小

B. h 越小，地面对碗的支持力越大

C. 若 $h = \frac{R}{2}$ ，则小球的动能为 $\frac{3}{4}mgR$

D. 若 $h = \frac{R}{2}$ ， $M = 10m$ ，则碗与地面之间的动摩擦因数可以小于 $\frac{\sqrt{3}}{11}$

【答案】C

【详解】A. 对小球受力分析，其受到重力和支持力，二力的合力提供向心力，则

$$F_{\text{向}} = mg \tan \theta$$

θ 为小球与半球形碗球心连线与竖直方向的夹角。由几何关系知： h 越小， θ 越大；则向心力 $F_{\text{向}}$ 越大，对碗和小球组成的整体，由牛顿第二定律有

$$f = F_{\text{向}} = mg \tan \theta$$

故 h 越小，地面对碗的摩擦力越大，A 错误；

B. 对碗和小球组成的整体受力分析，竖直方向合力为零，故地面对碗的支持力始终等于碗和小球的重力，故 B 错误；

C. 若 $h = \frac{R}{2}$ ，则

$$\theta = 60^\circ$$

对小球根据牛顿第二定律可知

$$mg \tan 60^\circ = m \frac{v^2}{\frac{\sqrt{3}}{2}R}$$

则小球的动能

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{4}mgR$$

C 正确；

D. 若 $h = \frac{R}{2}$ ，根据

$$mg \tan 60^\circ = ma_n$$

解得

$$a_n = \sqrt{3}g$$

结合 AB 选项的分析可知

$$\mu(M+m)g \geq f = ma_n$$

解得

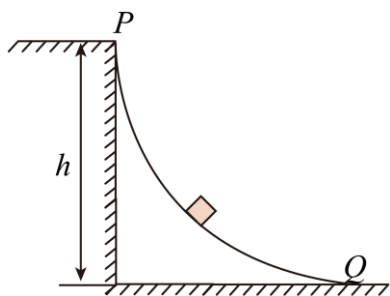
$$\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{11}$$

D 错误。

故选 C。

8. 人们用滑道从高处向低处运送货物。如图所示，可看作质点的货物从 $\frac{1}{4}$ 圆弧滑道顶端 P 点静止释放，沿滑道运动

到圆弧末端 Q 点时速度大小为 6m/s。已知货物质量为 20kg，滑道高度 h 为 4m，且过 Q 点的切线水平，重力加速度取 10m/s^2 。关于货物从 P 点运动到 Q 点的过程，下列说法正确的有 ()



A. 重力做的功为 360J

B. 克服阻力做的功为 440J

C. 经过 Q 点时向心加速度大小为 9m/s^2

D. 经过 Q 点时对轨道的压力大小为 380N

【答案】BCD

【详解】A. 重力做的功为

$$W_G = mgh = 800\text{J}$$

A 错误；

B. 下滑过程据动能定理可得

$$W_G - W_f = \frac{1}{2}mv_Q^2$$

代入数据解得，克服阻力做的功为

$$W_f = 440\text{J}$$

B 正确；

C. 经过 Q 点时向心加速度大小为

$$a = \frac{v_Q^2}{h} = 9\text{m/s}^2$$

C 正确;

D. 经过 Q 点时, 据牛顿第二定律可得

$$F - mg = ma$$

解得货物受到的支持力大小为

$$F = 380\text{N}$$

据牛顿第三定律可知, 货物对轨道的压力大小为 380N , D 正确。

故选 BCD。

9. 一条小河宽 $d = 200\text{m}$, 一条小船最快能 40s 到达对岸, 若要到达正对岸, 则需要 50s 。若小船船头斜向下游, 与河岸方向成 $\alpha = 37^\circ$, 船在静水中速度大小不变, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$, 则下列说法正确的 ()

A. 小船到达对岸的时间为 45s

B. 水流速度为 3.0m/s

C. 小船的实际速度大小 $\sqrt{58}\text{m/s}$

D. 船在静水中速度大小 4.0m/s

【答案】BC

【详解】BD. 设船在静水中速度大小为 $v_{\text{船}}$, 水流速度为 $v_{\text{水}}$, 根据题意有

$$t_{\min} = \frac{d}{v_{\text{船}}} = 40\text{s}, \quad t = \frac{d}{\sqrt{v_{\text{船}}^2 - v_{\text{水}}^2}} = 50\text{s}$$

解得

$$v_{\text{船}} = 5\text{m/s}, \quad v_{\text{水}} = 3\text{m/s}$$

故 B 正确, D 错误;

AC. 若小船船头斜向下游, 与河岸方向成 $\alpha = 37^\circ$, 则小船垂直于河岸速度大小为

$$v_y = v_{\text{船}} \sin 37^\circ = 3\text{m/s}$$

小船到达对岸的时间为

$$t' = \frac{d}{v_y} = \frac{200}{3}\text{s}$$

小船沿河岸速度大小为

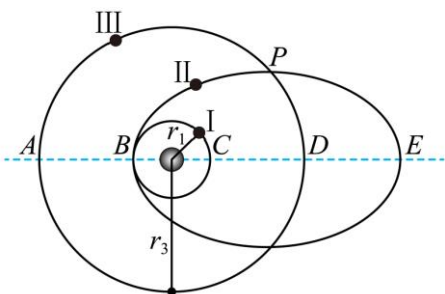
$$v_x = v_{\text{水}} + v_{\text{船}} \cos 37^\circ = 7\text{m/s}$$

小船的实际速度大小

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{7^2 + 3^2} = \sqrt{58}\text{m/s}$$

故 A 错误, C 正确。故选 BC。

10. 有一孤立星系，中心天体周围有三颗行星，如图所示，中心天体质量大于行星质量，不考虑行星之间的万有引力，行星I、III为圆轨道，半径分别为 r_1 、 r_3 ，行星II为椭圆轨道，半长轴 $a = r_3$ ，与行星I轨道在 B 点相切，下列说法中正确的是（ ）



- A. 行星II与行星III的运行周期相等
- B. 行星II在 P 点与行星III在 D 点的加速度相同
- C. 行星III的速率小于行星II在 B 点的速率
- D. 行星I的速率小于行星II在 B 点的速率

【答案】ACD

【详解】A. 因为行星II的运行半长轴与行星III的半径满足

$$a = r_3$$

则由开普勒第三定律知

$$\frac{a^3}{T_2^2} = \frac{r_3^3}{T_3^2}$$

则有

$$T_2 = T_3$$

可知行星II与行星III的运行周期相等，故A正确；

B. 由牛顿第二定律可得

$$\frac{GMm}{r^2} = ma$$

可得

$$a = \frac{GM}{r^2}$$

由于 P 点与 D 点离中心天体中心的距离 r 相同，则行星II在 P 点与行星III在 D 点时的加速度大小相等，但方向不同，故B错误；

CD. 由

$$G \frac{Mm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

得

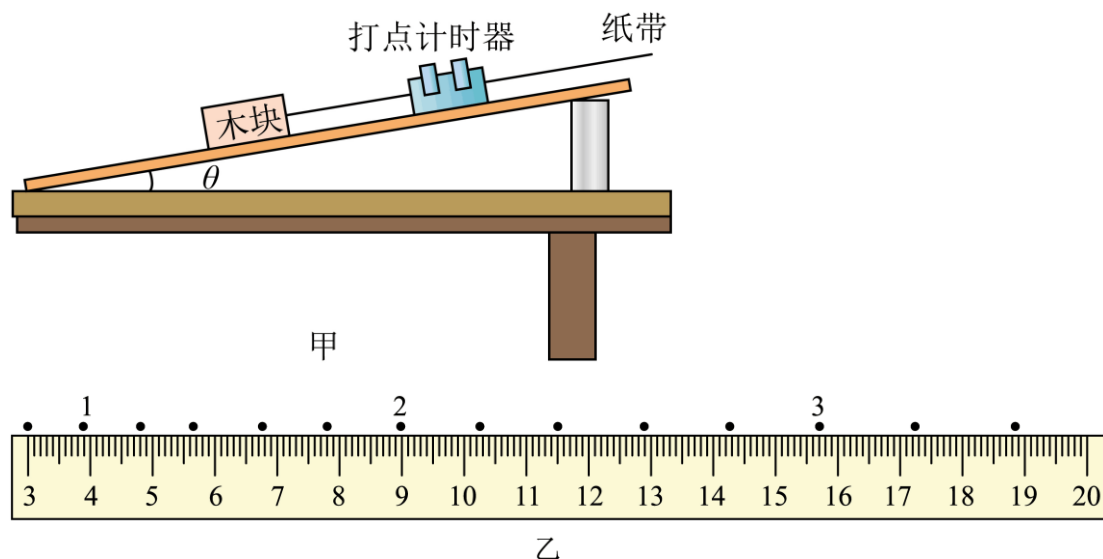
$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

可知行星III的速率小于行星I的速率，又因为行星I在B点加速才能到达轨道II，故行星I的速率小于行星II在B点的速率，行星III的速率小于行星II在B点的速率，故CD正确。

故选ACD。

二填空题（14分）

11. 某实验小组设计了图甲所示的实验装置来测量木块与平板间的动摩擦因数，其中平板的倾角 θ 可调。



(1) 获得纸带上点的部分实验步骤如下：

- A. 测量完毕，关闭电源，取下纸带
- B. 接通电源，待打点计时器工作稳定后放开木块
- C. 把打点计时器固定在平板上，将木块尾部与纸带相连，使纸带穿过限位孔
- D. 将木块靠近打点计时器

上述实验步骤的正确顺序是：_____（用字母填写）；

(2) 打点计时器的工作频率为 50Hz，纸带上计数点的间距如图乙所示。根据纸带求出木块的加速度 $a =$ _____ m/s^2 （保留两位有效数字）；

(3) 若重力加速度 $g=9.8\text{m/s}^2$ ，测出斜面的倾角 θ ，查表知 $\sin\theta=0.60$ ， $\cos\theta=0.80$ ，若木块的质量为 $m=0.20\text{kg}$ ，则木块与平板间的动摩擦因数 $\mu=$ _____（保留两位有效数字）；

【答案】 ①. CDBA ②. 1.6 ③. 0.55

【详解】(1) [1]实验时，先把打点计时器固定在平板上，将木块尾部与纸带相连，使纸带穿过限位孔；将木块靠近打点计时器，接通电源，待打点计时器工作稳定后放开木块，测量完毕，关闭电源，取下纸带。故实验步骤的正确顺序是：CDBA。

(2) [2]由图乙可知相邻计数点的时间间隔为

$$T = 5 \times 0.02\text{s} = 0.1\text{s}$$

计数点 1、2 之间的距离为

$$x_{12} = 9.00\text{cm} - 3.90\text{cm} = 5.10\text{cm}$$

计数点 2、3 之间的距离为

$$x_{23} = 15.70\text{cm} - 9.00\text{cm} = 6.70\text{cm}$$

则木块的加速度为

$$a = \frac{x_{23} - x_{12}}{T^2} = \frac{(6.70 - 5.10) \times 10^{-2}}{0.1^2} \text{m/s}^2 = 1.6 \text{m/s}^2$$

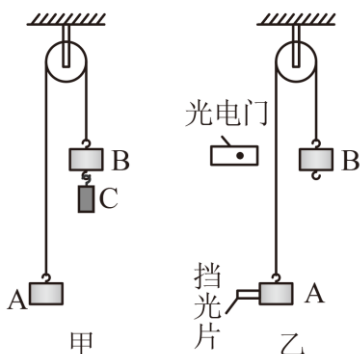
(3) [3]以木块为对象，根据牛顿第二定律可得

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$$

解得

$$\mu = \frac{g \sin \theta - a}{g \cos \theta} = \frac{9.8 \times 0.6 - 1.6}{9.8 \times 0.8} \approx 0.55$$

12. 如图甲所示的装置叫做阿特伍德机，是英国数学家和物理学家阿特伍德（G·Atwood 1746~1807）创制的一种著名力学实验装置，用来研究匀变速直线运动的规律。某同学对该装置加以改进后用来验证机械能守恒定律，如图乙所示。



(1) 实验时，该同学进行了如下操作：

- ①将质量均为 M （A 的含挡光片、B 的含挂钩）的重物用绳连接后，跨放在定滑轮上，处于静止状态。测量出 _____（填“A 的上表面”、“A 的下表面”或“挡光片中心”）到光电门中心的竖直距离 h 。
- ②在 B 的下端挂上质量为 m 的物块 C，让系统（重物 A、B 以及物块 C）中的物体由静止开始运动，光电门记录挡光片挡光的时间为 Δt 。
- ③测出挡光片的宽度 d ，计算有关物理量，验证机械能守恒定律。

(2) 如果系统（重物 A、B 以及物块 C）的机械能守恒，应满足的关系式为 _____（已知重力加速度为 g ）。

(3) 引起该实验系统误差的原因有 _____（写一条即可）。

(4) 验证实验结束后，该同学突发奇想：如果系统（重物 A、B 以及物块 C）的机械能守恒，不断增大物块 C 的质量 m ，重物 B 的加速度 a 也将不断增大，那么 a 与 m 之间有怎样的定量关系？ a 随 m 增大会趋于一个什么值？请你帮该同学解决：

①写出 a 与 m 之间的关系式：_____（还要用到 M 和 g ）。

② a 的值会趋于_____。

【答案】 ①. 挡光片中心 ②. $mgh = \frac{1}{2}(2M + m)\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2$ ③. 绳子有一定的质量、滑轮与绳子之间有摩擦、重物运动受到空气阻力等

④. $a = \frac{g}{\frac{2M}{m} + 1}$ ⑤. 重力加速度 g

【详解】(1) [1]需要测量系统重力势能的变化量，则应该测量出挡光片中心到光电门中心的竖直距离。

(2) [2]系统的末速度为

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

则系统重力势能的减少量

$$\Delta E_p = mgh$$

系统动能的增加量为

$$\Delta E_k = \frac{1}{2}(2M + m)v^2 = \frac{1}{2}(2M + m)\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2$$

若系统机械能守恒，则有

$$mgh = \frac{1}{2}(2M + m)\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2$$

(3) [3]系统机械能守恒的条件是只有重力做功，引起实验系统误差的原因可能有：绳子有一定的质量、滑轮与绳子之间有摩擦、重物运动受到空气阻力等。

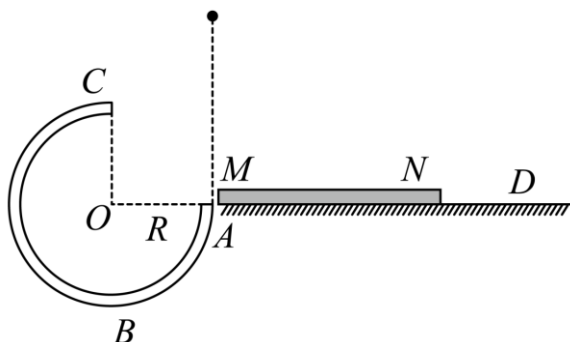
(4) [4][5]根据牛顿第二定律得，系统所受的合力为 mg ，则系统加速度为

$$a = \frac{mg}{2M + m} = \frac{g}{\frac{2M}{m} + 1}$$

当 m 不断增大，则 a 趋于 g 。

三计算题

13. 如图所示，一个 $\frac{3}{4}$ 圆弧形光滑细圆管轨道 ABC ，放置在竖直平面内，轨道半径为 R ，在 A 点与水平地面 AD 相接，地面与圆心 O 等高， MN 是放在水平面上长为 $3R$ 、厚度不计的垫子，左端 M 正好位于点 A 。现将一个质量为 m 、直径略小于圆管直径的小球从 A 处、管口正上方某处由静止释放，不考虑空气阻力。



(1) 若小球从 C 点射出后恰好落到垫子的 M 端，则小球经过 C 点时对管的作用力大小和方向如何？

(2) 欲使小球能通过 C 点落到垫子上，试计算小球离 A 点下落的最大高度？

【答案】 (1) 小球对管子作用力大小为 $\frac{1}{2}mg$ ，方向竖直向下；(2) H 的高度应为 $5R$

【详解】 (1) 小球离开 C 点做平抛运动，设经过 C 点时的速度为 v_1 ，从 C 点到 M 点的运动时间为 t ，根据运动学公式可得

$$R = v_1 t, \quad R = \frac{1}{2} g t^2$$

设小球经过 c 点时受到管子对它的作用力为 N ，向下的方向为正方向。由牛顿第二定律可得

$$mg + N = m \frac{v_1^2}{R}$$

联立得

$$N = -\frac{1}{2} mg$$

由牛顿第三定律可知，小球对管子作用力大小为 $\frac{1}{2}mg$ ，方向竖直向下

(2) 小球下降的高度最大时，小球平抛运动的水平位移为 $4R$ ，打到 N 点，设能够落到 N 点的过 C 点时水平速度为 v_2 ，根据运动学公式可得：

$$4R = v_2 t$$

设小球下降的最大高度为 H ，根据动能定理可知

$$mg(H - R) = \frac{1}{2} m v_2^2$$

联立式可得

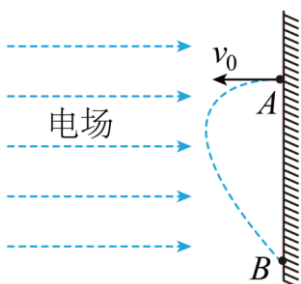
$$H = \frac{v_2^2}{2g} + R = 5R$$

14. 如图所示，在足够高的竖直墙面上 A 点，以水平速度 $v_0=10\text{m/s}$ 向左抛出一个质量为 $m=1\text{kg}$ 的小球，小球抛出后始终受到水平向右的恒定电场力的作用，电场力大小 $F=5\text{N}$ ，经过一段时间小球将再次到达墙面上的 B 点处，重力加速度为 $g=10\text{m/s}^2$ ，求在此过程中：（注意：计算结果可用根式表示）

(1) 小球水平方向的速度为零时距墙面的距离；

(2) 墙面上 A 、 B 两点间的距离；

(3) 小球速度的最小值。



【答案】(1) 10m; (2) 80m; (3) $4\sqrt{5}$ m/s

【详解】(1) 小球在水平方向先向左做匀减速运动而后向右做匀加速运动，小球在竖直方向上做自由落体运动。将小球的运动沿水平方向和竖直方向分解，水平方向

$$F = ma_x$$

且有

$$v_0^2 = 2ax$$

得到

$$x = 10\text{m}$$

(2) 水平方向速度减小为零所需的时间

$$t_1 = \frac{v_0}{a_x}$$

所以从 A 点到 B 点时间

$$t = 2t_1$$

竖直方向上

$$y_{AB} = \frac{1}{2}gt^2$$

解得

$$y_{AB} = 80\text{m}$$

(3) 将速度进行分解，当 $v_{\perp}=0$ 时，小球速度最小，此时

$$v_{\min} = v_{//} = v_0 \cos \theta$$

根据力的关系知

$$\cos \theta = \frac{mg}{\sqrt{F^2 + (mg)^2}}$$

解得

$$v_{\min} = 4\sqrt{5}\text{m/s}$$

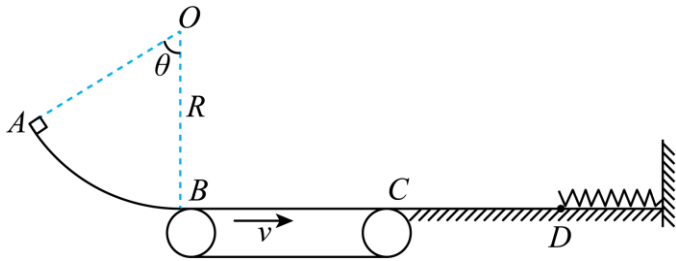
15. 如图所示，竖直面内、半径为 $R=1\text{m}$ 的光滑圆弧轨道底端切线水平，与水平传送带左端 B 靠近，传送带右端 C 与一平台靠近，圆弧轨道底端、传送带上表面及平台位于同一水平面，圆弧所对的圆心角为 53° ，传送带长为 1m ，以 $v=4\text{m/s}$ 的恒定速度沿顺时针匀速转动，一轻弹簧放在平台上，弹簧右端固定在竖直墙上，弹簧处于原长，左端与平台上 D 点对齐，CD 长也为 1m ，平台 D 点右侧光滑，重力加速度为 $g=10\text{m/s}^2$ ，让质量为 1kg 的物块从圆弧轨道的最高点 A 由静止释放，物块第二次滑上传送带后，恰好能滑到传送带的左端 B 点，不计物块的大小，物块与传送带间的动摩擦因数为 0.5.

(1) 求物块运动到圆弧轨道最底端时对轨道的压力大小；

(2) 物块第一次压缩弹簧，弹簧获得的最大弹性势能是多少？

(3) 物块从静止释放到第一次向左滑到 B 点过程中，物块与传送带及平台间因摩擦产生的热量是多少？（ $\sqrt{2}$

$=1.414$ ， $\sqrt{5}=2.236$ ，结果保留四位有效数字）



【答案】(1) 18N；(2) 6.5J；(3) 21.33 J

【详解】(1) 物块从 A 点由静止释放，运动到圆弧轨道最底点的过程中，根据机械能守恒有

$$mg(R - R \cos \theta) = \frac{1}{2}mv_1^2$$

求得

$$v_1 = 2\sqrt{2}\text{m/s}$$

在圆弧轨道最底端时

$$F - mg = m \frac{v_1^2}{R}$$

求得

$$F = 18 \text{ N}$$

根据牛顿第三定律可知，在圆弧轨道最底端时物块对轨道的压力大小为 18N

(2) 由于 $v > v_1$ ，因此物块滑上传送带后先做加速运动，设物块在传送带上先加速后匀速，则加速的加速度

$$ma_1 = \mu_1 mg$$

解得

$$a_1 = 5\text{m/s}^2$$

加速的距离

$$x_1 = \frac{v^2 - v_1^2}{2a_1} = 0.8\text{m} < 1\text{m}$$

因此物块以 $v=4 \text{ m/s}$ 的速度从 C 点滑上平台，设物块与平台间的动摩擦因数为 μ_2 ，从 C 点到第一次向左运动到 B 点，根据动能定理有

$$-2\mu_2 mgx_{CD} - \mu_1 mgL = 0 - \frac{1}{2}mv^2$$

求得

$$\mu_2 = 0.15$$

物块从 C 点到第一次压缩弹簧到最大形变量过程中，根据功能关系有：

$$\frac{1}{2}mv^2 = \mu_2 mgx_{CD} + E_{pm}$$

求得最大弹性势能

$$E_{pm} = 6.5\text{J}$$

(3) 物块第一次在传送带上滑动时，因摩擦产生的热量：

$$Q_1 = \mu_1 mg \left(v \times \frac{v - v_1}{a_1} - x_1 \right) = 4(3 - 2\sqrt{2})\text{J}$$

物块在平台上运动因摩擦产生的热量

$$Q_2 = 2\mu_2 mgx_{CD} = 3\text{J}$$

设物块第二次刚滑上传送带时速度大小为 v_2 ，则有

$$L = \frac{v_2^2}{2a_1}$$

求得

$$v_2 = \sqrt{10}\text{m/s}$$

物块第二次在传送带上滑动因摩擦产生的热量

$$Q_2 = \mu_1 mg \left(L + v \times \frac{v_2}{a_1} \right) = (5 + 4\sqrt{10})\text{J}$$

摩擦产生的热量

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = [20 + 4\sqrt{2}(\sqrt{5} - 2)]\text{J} = 21.33\text{J}$$