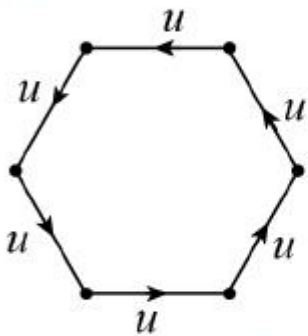


中国科学技术大学 2021 年强基计划物理试题

1. 初始状态下, 6 只蚂蚁分别位于边长为 L 的正六边形的六个顶点处。在某一时刻, 它们开始以不变的速度 u 相互追逐, 速度方向始终指向前面的蚂蚁, 最后在正六边形的中心相遇。则六只蚂蚁走过的总路程长度为_____。



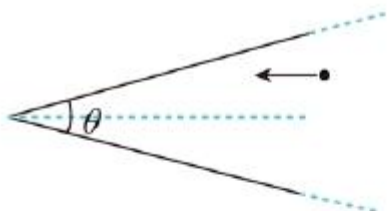
【答案】略

【解析】

【分析】

【详解】略

2. 两块非常长的光滑挡板围成一个夹角为 10° 的三角形区域, 一小球沿着角平分线方向的初速度入射, 设球与挡板间的碰撞是弹性的, 则球与挡板一共会发生_____次碰撞。

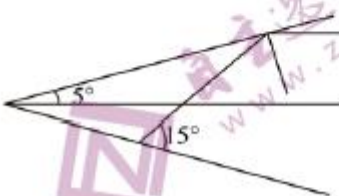


【答案】17

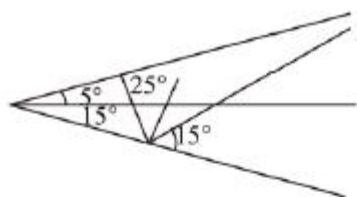
【解析】

【分析】

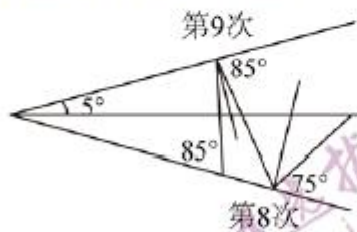
【详解】如图所示



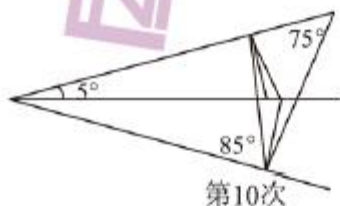
小球第一次碰撞后与角的另一边的夹角为 15° , 如下图所示,



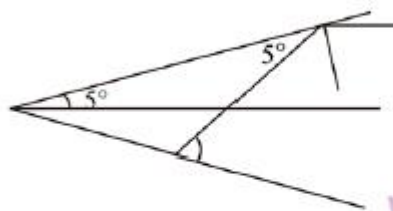
第二次碰后与角的另一边夹角为 25° ，可得每一次碰撞后下一次碰与角的一边的夹角为增加 10° ，碰撞第 8 次和第 9 次，如下图所示



可得第 9 次后与角的边的夹角为 85° ，第 10 次碰后如下图所示

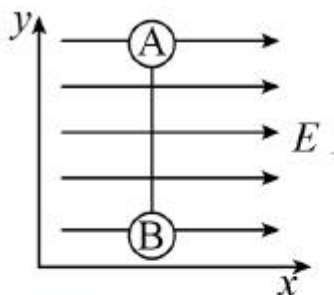


可得碰后与角的边的夹角为 75° ，每碰撞一次，角度减少 10° ，当碰撞 16 次后，如下图所示



小碰撞第 17 次后，路径沿水平向右，不会再发生碰撞，所以则球与挡板一共会发生 17 次碰撞。

3. 初始时刻，由轻质刚性杆连接的质量相等的 A、B 两个小球静止于光滑的水平面上，杆平行于 y 轴，整个体系处于平行于 x 轴的均强电场中，如果小球 A、B 带电量均为 q ，稳定状态下体系的总能量和总动量分别为 E_1, P_1 ；若小球 A 带电量为 $2q$ ，小球 B 不带电，则稳定状态下体系的总能量和总动量分别为 E_2, P_2 ，请分析两种状态下体系的动量与能量关系，并证明。



【答案】略

【解析】

【分析】

【详解】略

4. 导体球外有一个带正电的点电荷，下列说法正确得是（ ）

- A. 如果导体球带正电，则二者之间的作用力必为排斥力
- B. 如果导体球接地，则二者之间的作用力必为吸引力
- C. 如果导体球是电中性的，则二者之间的作用力必为吸引力
- D. 如果导体球接地，则其表面任何位置都不会出现正的净电荷

【答案】ABCD

【解析】

【分析】

【详解】A. 如果导体球带正电，因点电荷带正电，则二者之间的作用力必为排斥力，选项 A 正确；

B. 如果导体球接地，则导体球外表面将带上负电，则二者之间的作用力必为吸引力，选项 B 正确；

C. 如果导体球是电中性的，则正电荷将被排斥到球的远点，负电荷将被吸引到近点，则二者之间的作用力表现为吸引力，选项 C 正确；

D. 如果导体球接地，大地上的电子流向导体球中和导体球上的正电荷，所以导体球上没有正的净电荷，选项 D 正确。

故选 ABCD。

5. 质量为 m 的物体通过劲度系数为 k 的轻质弹簧悬挂在天花板，其振动周期为 T ，若将弹簧平均分为 4 段，用其中的一段悬挂质量为 $2m$ 的物体，则物体的振动周期为_____。

【答案】 $\frac{\sqrt{2}}{2}T$

【解析】

【分析】

【详解】[1]由题意可知

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

若将弹簧平均分为4段，则每一段的劲度系数变为 $4k$ ，则用其中的一段悬挂质量为 $2m$ 的物体，则物体的振动周期为

$$T' = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{4k}} = \frac{\sqrt{2}}{2}T$$

6. 两个电容器的标称值分别为 $(300\text{pF}, 600\text{V})$ 、 $(200\text{pF}, 1200\text{V})$ ，则将两个电容器串联时的耐压值为_____。

【答案】1500V

【解析】

【分析】

【详解】[1]两电容器串联时，两电容器带电量是相等的，则带电量的最大值应该等于第一电容器 $(300\text{pF}, 600\text{V})$ 的带的带电量，即

$$Q_1 = Q_2 = C_1 U_1$$

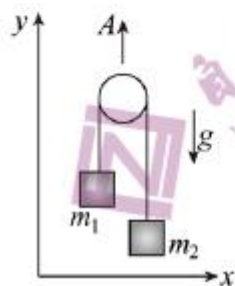
则此时第二个电容器两端电压为

$$U_2 = \frac{C_1 U_1}{C_2} = 900\text{V}$$

则两个电容器串联时的耐压值为

$$U = 600\text{V} + 900\text{V} = 1500\text{V}$$

7. 两质量分别为 m_1, m_2 的小物块通过光滑轻绳与轻质滑轮连接，滑轮以恒定的加速度 a 向上运动，两个物体只在竖直方向上运动，重力加速度大小为 g ，则 m_1, m_2 的加速度分别为_____，_____。



【答案】 ①. $\frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}g + \frac{a}{2}$ ②. $\frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}g - \frac{a}{2}$

【解析】

【分析】

【详解】 [1][2]若滑轮静止，对 m_1 ， m_2 由整体法可得， m_1 ， m_2 的加速度均为

$$a_4 = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}g$$

m_1 的加速度向上， m_2 加速度向下，若 m_2 固定，当滑轮以加速度 a 向上运动时，可得 m_1 的速度始终为滑轮速度的 $\frac{1}{2}$ ，由

$$v = at$$

可得 m_1 的加速度为滑轮加速度的 $\frac{1}{2}$ ，即为 $\frac{a}{2}$ ，同理可得 m_2 向上的加速度也为 $\frac{a}{2}$ ，由矢量的叠加可得 m_1 的加速度为

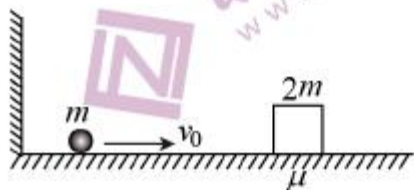
$$a_3 = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}g + \frac{a}{2}$$

m_2 的加速度为

$$a'_4 = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}g - \frac{a}{2}$$

8. 如图所示，质量为 m 、初速度为 v 的小球与质量为 $2m$ 的木块之间来回运动，木块初始时静止。设碰撞瞬时完成且是完全弹性的，并假设木块与墙之间的距离足够远，以至于每次与小球碰撞之前木块已经静止。已知木块与地面的摩擦系数为 μ ，而小球与地面之间没有摩擦力，重力加速度为 g 。

- (1) 小球与木块发生第 n 次碰撞之后的速度等于？
- (2) 木块最终能运动多远距离？
- (3) 木块运动的总时间（即其速度不为 0 的时间）等于多少？





【答案】(1) 0; (2) $x = \frac{v^2}{4\mu g}$; (3) $\frac{2v}{\mu g}$

【解析】

【分析】

【详解】(1) 因木块与地面之间有摩擦，而小球与地面之间无摩擦，则可知只要小球有速度均能与木块相碰，所以小球与木块发生第若干次碰撞之后，当小球的速度等于零时，碰撞才会结束，则小球与木块发生第 n 次碰撞之后的速度等于 0；

(2) 小球与木块之间的碰撞不损失能量，则由能量关系可知

$$\frac{1}{2}mv^2 = \mu \cdot 2mgx$$

解得

$$x = \frac{v^2}{4\mu g}$$

(3) 第一次碰撞过程

$$mv = mv_1 + 2mv_2$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}2mv_2^2$$

解得

$$v_1 = -\frac{v}{3}$$

$$v_2 = \frac{2v}{3}$$

则木块运动时间

$$-\mu \cdot 2mgt_1 = 0 - 2mv_2$$

解得

$$t_1 = \frac{2v}{3\mu g}$$

小球以 $\frac{v}{3}$ 的速度被墙壁反弹后再次与木块相碰，同理可求得第二次木块运动的时间为

$$t_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{2v}{3\mu g}$$

同理木块第三次运动的时间为

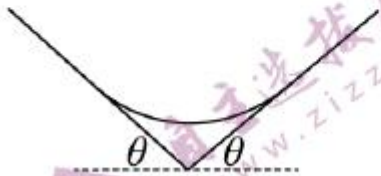
$$t_3 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot \frac{2v}{3\mu g}$$

.....

由数学知识可知，木块运动的总时间

$$t = \frac{2t_1}{1 - \frac{1}{3}} = \frac{2v}{\mu g}$$

9. 如图所示，一根质量分布均匀的绳子搁在两个倾角均为 θ 的平台上（倾角 θ 可调控）绳子与平台的摩擦系数为1，整个系统左右对称，重力加速度为 g ，设 k 是绳子上与平台不接触的部分占绳子总质量的比例。当 θ 取何值时， k 取到最大值，且最大值为多少？

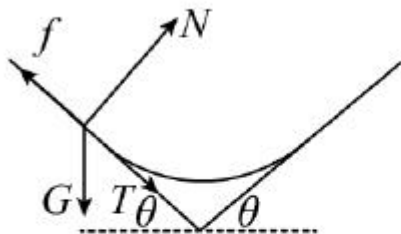


【答案】当 $\theta=22.5^\circ$ 时 k 有最大值 $3-2\sqrt{2}$

【解析】

【分析】

【详解】对绳子的一半受力分析如图



设绳子总重力为 G ，则在斜面上的两部分重力均为

$$G_1 = \frac{1}{2}G(1-k)$$

则

$$G_1 \sin \theta + T = f$$

$$f = \mu G_1 \cos \theta$$

其中 $\mu=1$

对不在斜面上的绳子受力分析可知

$$2T \sin \theta = kG$$

联立解得

$$k = \frac{(\cos \theta - \sin \theta) \sin \theta}{(\cos \theta - \sin \theta) \sin \theta + 1}$$

令

$$(\cos \theta - \sin \theta) \sin \theta = x$$

则

$$x = \frac{\sqrt{2}}{2} \sin(2\theta + 45^\circ) - \frac{1}{2}$$

当

$$2\theta + 45^\circ = 90^\circ$$

时 x 最大, 即当

$$\theta = 22.5^\circ$$

时 x 有最大值 $\frac{\sqrt{2}-1}{2}$, 此时 k 的最大值为

$$k_{\max} = 3 - 2\sqrt{2}$$

10. 带电粒子在液氢气泡室中运动时将使其路径的一些分子发生电离, 电离处所形成的小气泡使粒子的轨迹清晰可见, 而在此区域内的磁场则使路径发生弯曲。下面的气泡室照片显示的是 P 点处的一个几乎静止的电子吸收高能 γ 射线后沿着曲线 c 运动。同时生正、负电子对 (正电子 e^+ 是电子 e^- 的反粒子, 二者质量相同, 带电量相反), 该反应可表示为 $\gamma + e^- \rightarrow e^- + e^+$, 已知均匀磁场与纸面垂直。

(1) 曲线 a 、 b 中的哪一条表示正电的轨迹?

(2) 磁场的方向指向纸面内还是纸面外, 简述理由。

(3) 试定性解释曲线 a 、 b 是旋线而非圆周的原因。

(4) 正、负电子碰撞会湮灭并产生两个光子: $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$, 试解释为什么正、负电子碰撞湮灭不可能只产生一个光子?



【答案】(1) 见解析；(2) 见解析；(3) 见解析；(4) 见解析

【解析】

【分析】

【详解】(1) 设生成的正负电子的质量均为 m ，由动量守恒可知，正负电子的速度 v 大小相等，方向相反，由电荷守恒定律可知，一个电子生成正负电子对后，负电子所带的电荷量较大，所以负电子的 $\frac{q}{m}$ 较大，正负电荷在磁场中受洛伦兹力运动曲线发生弯曲，由

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

得

$$r = \frac{mv}{qB}$$

可得负电子的做曲线运动的曲率半径较小，正电子做曲线运动的曲率半径大，所以曲线 a 表示正电子的轨迹；

(2) 由 (1) 分析可知，曲线 a 为正电子的运动曲线，由左手定则可知，磁场的方向指向纸面外；

(3) 正负电子不仅在磁场中受到洛伦兹力，还受到它们之间相互吸引的库仑力，所以在做圆周运动的同时在靠近，所以曲线 a, b 是旋线而非圆周；

(4) 两个电子动量和为零，根据动量守恒定律，湮灭后的系统也必须动量为零。如果是一个光子动量为零的话不可能，因此必定是两个光子。

关于我们

自主选拔在线（原自主招生在线）创办于 2014 年，历史可追溯至 2008 年，隶属北京太星网络科技有限公司，是专注于中国拔尖人才培养的升学咨询在线服务平台。主营业务涵盖：新高考、学科竞赛、强基计划、综合评价、三位一体、高中生涯规划、志愿填报等。

自主选拔在线旗下拥有网站门户（官方网址：www.zizs.com）、微信公众平台等全媒体矩阵生态平台。平台活跃用户达百万量级，网站年度流量超 1 亿量级。用户群体涵盖全国 31 省市，全国超 95% 以上的重点中学老师、家长及考生，更有许多重点高校招办老师关注，行业影响力首屈一指。

自主选拔在线平台一直秉承“专业、专注、有态度”的创办公念，不断探索“K12 教育+互联网+ 大数据”的运营模式，尝试基于大数据理论为广大中学和家长提供中学拔尖人才培养咨询服务，为广大高校、中学和教科研单位提供“衔接和桥梁纽带”作用。

平台自创办以来，为众多重点大学发现和推荐优秀生源，和全国数百所重点中学达成深度合作，累计举办线上线下升学公益讲座千余场，直接或间接帮助数百万考生顺利通过强基计划（自主招生）、综合评价和高考，进入理想大学，在家长、考生、中学和社会各界具有广泛的口碑影响力，2019 年荣获央广网“年度口碑影响力在线教育品牌”。

未来，自主选拔在线将立足于全国新高考改革，全面整合高校、中学及教育机构等资源，依托在线教育模式，致力于打造更加全面、专业的新高考拔尖人才培养服务平台。



微信搜一搜



自主选拔在线