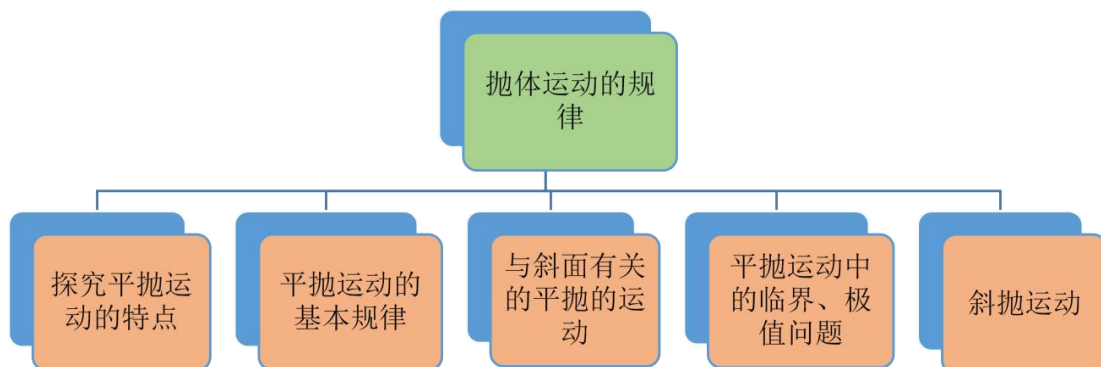


专题 11 抛体运动的规律——重难点



重难点知识导航



重难点知识剖析

难点

知识点一：探究平抛运动的特点

一、基本原理与操作

原理装置图	
操作要领	<p>(1) 调节：①斜槽末端水平 ②固定白纸的平板竖直</p> <p>(2) 确定平抛起点： 将小球飞离斜槽末端时球心的位置描在白纸上</p> <p>(3) 操作：①每次都从同一位置释放小球 ②上下调节挡板，通过多次实验，在白纸上记录小球所经过的多个位置</p> <p>(4) 轨迹获取：用平滑曲线把白纸上各印迹连接起来</p>

二、数据处理

- 1.以 O 点为原点，水平方向为 x 轴，竖直向下方向为 y 轴建立坐标系。
- 2.在小钢球平抛运动轨迹上选取 A、B、C、D、E 五个点，测出它们的 x 、 y 坐标值，记到表格内。

3.把测到的坐标值依次代入公式 $v_0=x\sqrt{\frac{g}{2y}}$ ，求出小钢球平抛的初速度，并计算其平均值。

4.误差分析

- (1) 斜槽末端没有调至水平，小球离开斜槽后不做平抛运动。
- (2) 确定小球运动的位置时不准确。
- (3) 量取轨迹上各点坐标时不准确。

5.注意事项

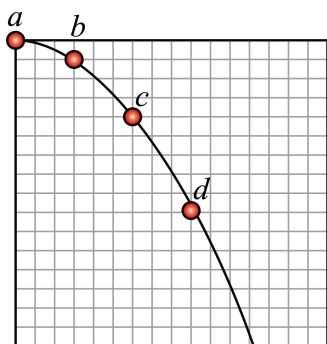
- (1) 实验中必须使斜槽末端的切线水平（检验是否水平的方法是：将小球放在斜槽末端水平部分，看其是否能静止）。
- (2) 方木板必须处于竖直平面内，固定时要用铅垂线检查坐标纸竖线是否竖直。
- (3) 小球每次必须从斜槽上同一位置由静止滚下。
- (4) 坐标原点不是槽口的端点，应是小球出槽口时球心在木板上的投影点。
- (5) 小球开始滚下的位置高度要适中，以使小球平抛运动的轨迹由坐标纸的左上角一直到达右下角为宜。



典例精讲

例

1. 在“研究平抛运动”的实验中，根据频闪照片得到小球的运动轨迹如图所示。 a 、 b 、 c 、 d 为连续拍照记录下的四个位置，其中 a 为抛出点。已知坐标纸上每个小正方形的边长为 l ，重力加速度为 g ，则



(1) 小球在水平方向做_____直线运动，竖直方向做_____直线运动（均选填“匀速”、“匀加速”或“匀减速”）；

(2) 小球做平抛运动的初速度大小为_____。

(3) 在研究平抛运动实验中，为减小空气阻力对小球运动的影响，应采用_____；

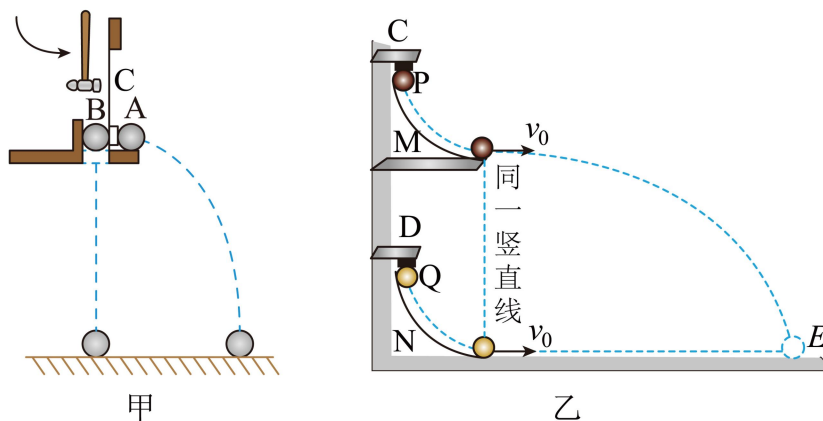
- A. 实心小铁球 B. 空心小铁球 C. 实心小木球 D. 以上三种小球都可以

(4)在做“探究平抛运动”的实验时，让小球多次从同一高度释放沿同一轨道运动，通过描点法画小球做平抛运动的轨迹，为了能较准确地描绘运动轨迹，下面列出了一些操作要求，将你认为正确的选项前面的字母填在横线上_____；

- A. 调节斜槽的末端保持水平
 B. 每次释放小球的位置必须不同
 C. 每次必须由静止释放小球
 D. 记录小球位置用的木条（或凹槽）每次必须严格地等距离下降
 E. 小球运动时不应与木板上的白纸（或方格纸）相接触
 F. 将球的位置记录在纸上后，取下纸，用直尺将点连成折线

例

2. 用如图甲、乙所示的两种装置来分析平抛运动。



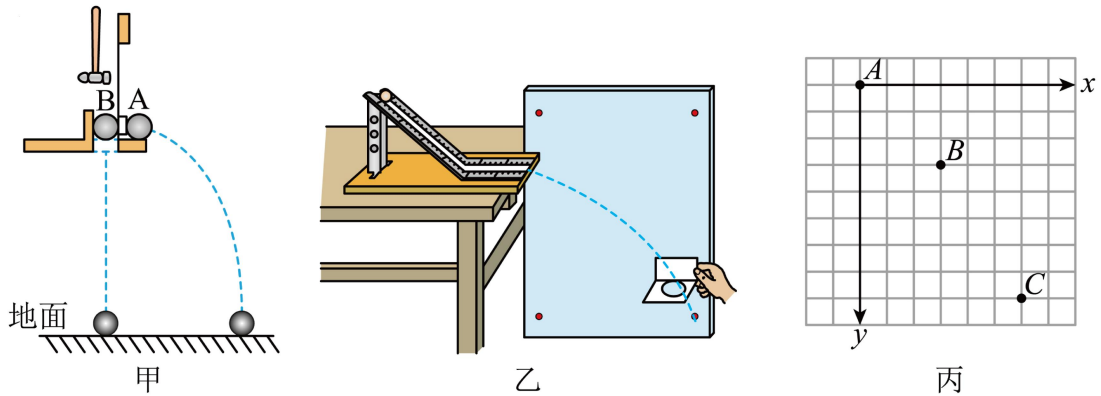
(1)图甲中用小锤击打弹性金属片 C，小球 A 沿水平方向飞出后做平抛运动，与此同时，与球 A 相同的球 B 被松开做自由落体运动；改变实验装置离地高度，多次实验，两球总是_____（填“同时”、“A 先 B 后”或“B 先 A 后”）落地，这说明做平抛运动的球 A 在竖直方向上做自由落体运动。

(2)图乙中，M、N 是两个完全相同的轨道，轨道末端都与水平方向相切，其中，轨道 N 的末端与光滑水平面相切，轨道 M 通过支架固定在轨道 N 的正上方。将小铁球 P、Q 分别吸在电磁铁 C、D 上，然后切断电源，使两球以相同的初速度 v_0 同时通过轨道 M、N 的末端，发现两球_____（填“同时”或“先后”）到达 E 处，发生碰撞。改变轨道 M 在轨道 N 上方的高度，再进行实验，结果两球也总是发生碰撞，这说明做平抛运动的 P 球在水平方向上的运动情况与 Q 球_____（填“相同”或“不同”）。

变式训练

变式

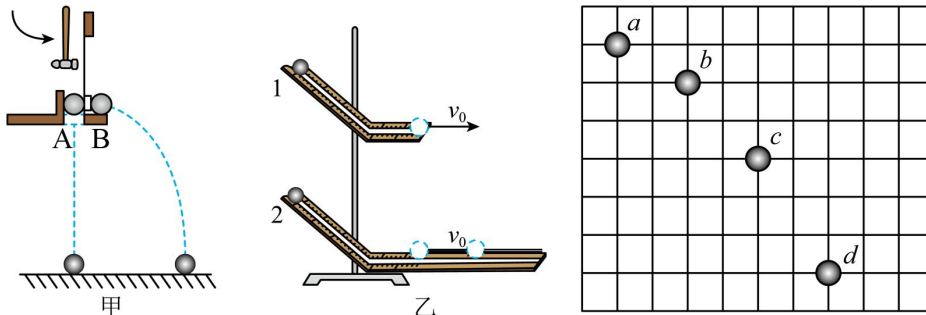
3. 某实验小组用如图甲所示的装置研究平抛运动及其特点，他的实验操作是：在小球 A、B 处于同一高度时，用小锤轻击弹性金属片，使 A 球水平飞出，同时 B 球被松开下落。



- (1) 甲实验的现象是小球 A、B 同时落地，说明_____；
- (2) 现将 A、B 球恢复初始状态后，用比较大的力敲击弹性金属片，A 球落地点变远，则在空中运动的时间_____（填“变大”、“不变”或“变小”）；
- (3) 安装图乙研究平抛运动实验装置时，保证斜槽末端水平，斜槽_____（填“需要”或“不需要”）光滑；
- (4) 然后小明用图乙所示方法记录平抛运动的轨迹，由于没有记录抛出点，如图丙所示，数据处理时选择 A 点为坐标原点 (0, 0)，丙图中小方格的边长均为 20cm，重力加速度 g 取 10m/s^2 ，则小球平抛初速度的大小为_____m/s，小球在 B 点速度的大小为_____m/s。

变式

4. 在“研究小球做平抛运动的规律”的实验中：



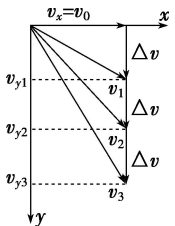
- (1) 如图甲所示的实验中，观察到两球同时落地，说明平抛运动在竖直方向做_____；
如图乙所示的实验：将两个光滑斜轨道固定在同一竖直面内，滑道末端水平，把两个质量相

等的小钢球，从斜面的相同高度由静止同时释放，观察到球 1 落到水平板上并击中球 2，这说明平抛运动在水平方向做_____；

(2)该同学用频闪照相机拍摄到如图所示的小球平抛运动的照片，照片中小方格的边长 $L = 0.4\text{cm}$ ，小球在平抛运动中的几个位置如图中的 $a、b、c、d$ 所示，则照相机每隔_____s 曝光一次，小球平抛初速度为 $v_0 =$ _____ m/s （当地重力加速度大小 $g = 10\text{m/s}^2$ ）。

重点 知识点二：平抛运动的基本规律

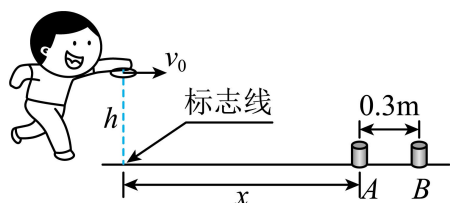
平抛（或类平抛）运动所涉及物理量的特点

物理量	公式	决定因素
飞行时间	$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$	取决于下落高度 h 和重力加速度 g ，与初速度 v_0 无关
水平射程	$x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$	由初速度 v_0 、下落高度 h 和重力加速度 g 共同决定
落地速度	$v_t = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$	与初速度 v_0 、下落高度 h 和重力加速度 g 有关
速度改变量	$\Delta v = g\Delta t$ ，方向恒为竖直向下 	由重力加速度 g 和时间间隔 Δt 共同决定

典例精讲

例

5. 某中学举办套“圈圈”活动。如图，小明同学站在标志线后以 $v_0 = 4\text{m/s}$ 的速度水平抛出一塑料圈，正好套中静放在正前方水平地面上的饮料罐 A。抛出时，塑料圈位于标志线的正上方 $h = 0.45\text{m}$ 处，塑料圈、饮料罐均可视为质点，不计空气阻力，重力加速度大小 g 取 10m/s^2 ， $\sin 37^\circ$ 取 0.6， $\cos 37^\circ$ 取 0.8，下列说法正确的是（ ）



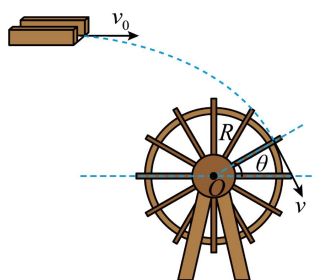
- A. 塑料圈在空中运动的时间为 0.9s
- B. 饮料罐 A 与标志线的距离为 $x = 1\text{m}$
- C. 塑料圈落地前瞬间，速度大小为 7m/s
- D. 保持塑料圈抛出位置不变，若要套中饮料罐 B，水平抛出速度应变为 5m/s

例

6. 水车是古代中国劳动人民发明的灌溉工具。图甲为赤峰市道须沟风景区内的一架水车，图乙为水车工作时的示意图。高处的水从水槽中以速度大小 v_0 沿水平方向流出，水流出后垂直落在与水平面夹角为 θ 的水轮叶面上，冲击轮叶使水车转动。水在空中的运动可视为平抛运动。重力加速度为 g 。求：



图甲



图乙

- (1) 水流落在水轮叶面前瞬间的速度大小 v ；
- (2) 槽口和冲击点的高度差 h ；
- (3) 槽口和冲击点的水平距离 x 。



变式训练

变式

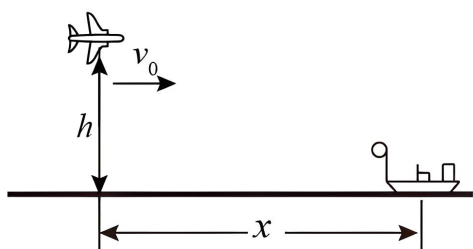
7. 从某高度处以 10m/s 的初速度水平抛出一物体，经 2s 落地， g 取 10m/s^2 ，求：

- (1) 物体做平抛运动的位移；
- (2) 物体的末速度和速度的变化量。

变式

8. 如图，水平飞行的轰炸机释放一枚炸弹，正好击中一艘静止的船舰，水平距离 $x = 3\text{km}$ ，

炸弹在空中的运动时间 $t = 15\text{s}$ 。不计空气阻力，重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ 。求：



(1) 飞机释放炸弹时在空中飞行的高度 h ；

(2) 炸弹击中船舰时的速度大小和方向。

难点

知识点三：与斜面有关的平抛的运动

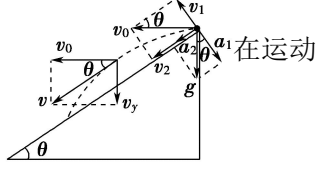
与斜面相关的平抛运动问题

斜面上的平抛运动问题是一种常见的题型，解答这类问题的关键：

- (1) 灵活运用平抛运动的位移和速度规律；
- (2) 充分运用斜面倾角，找出斜面倾角与位移偏向角、速度偏向角的关系。

常见的模型及处理方法如下：

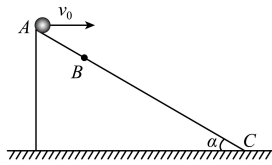
图示	方法	基本规律	运动时间
<p>垂直落到斜面</p>	分解速度，构建速度的矢量三角形	水平 $v_x = v_0$ 竖直 $v_y = gt$ 合速度 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$	由 \tan $\theta = \frac{v_0}{v_y} = \frac{v_0}{gt}$ 得 $t = \frac{v_0}{g \tan \theta}$
<p>从斜面顶点水平抛出且落在斜面上</p>	分解位移，构建位移的矢量三角形	水平 $x = v_0 t$ 竖直 $y = \frac{1}{2} g t^2$ 合位移 $x_{\text{合}}$ $= \sqrt{x^2 + y^2}$	由 \tan $\theta = \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0}$ 得 $t = \frac{2v_0 \tan \theta}{g}$

<p>从斜面顶点水平抛出,离斜面最远</p>  <p>起点同时分解 v_0、g</p>	<p>由 $0=v_1-a_1t$, $0-v_2=-2a_1d$ 得</p> $t = \frac{v_0 \tan \theta}{g}$ $d = \frac{v_0^2 \sin \theta \tan \theta}{2g}$	<p>分解平行于斜面的速度 v</p>	<p>由 $v_y=gt$ 得</p> $t = \frac{v_0 \tan \theta}{g}$
--	--	----------------------------------	--

典例精讲

例

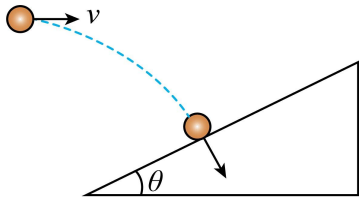
9. 如图所示, 将一可视为质点的小球从倾角为 α 的斜面顶端 A 点以不同速度水平抛出, 第一次落在 B 点; 第二次落在斜面底端 C 点, 已知 $AB:BC=1:3$, 则关于两次小球运动情况, 下列说法正确的是 ()



- A. 两次小球在空中的时间之比为 1:2
- B. 两次小球水平抛出的初速度之比为 $1:\sqrt{3}$
- C. 两次小球击中斜面时速度与斜面夹角之比为 1:2
- D. 两次小球击中斜面时速度与斜面夹角之比为 2:1

例

10. 如图所示, 以 10m/s 的水平速度抛出的物体, 飞行一段时间后垂直撞在倾角为 $\theta=30^\circ$ 的斜面上, g 取 10m/s^2 , 以下结论正确的是 ()



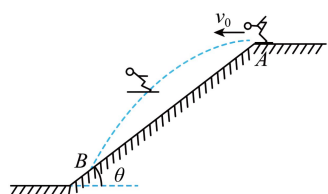
- A. 物体的飞行时间是 $\sqrt{2}\text{s}$
- B. 物体水平方向运动位移为 20m
- C. 物体撞击斜面时的速度大小为 20m/s
- D. 物体下降的距离是 10m



变式训练

变

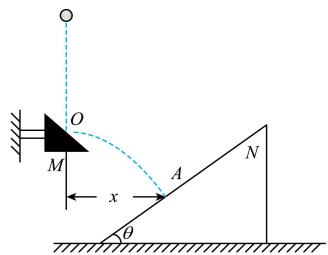
11. 2023年12月2日, 苏翊鸣参加了在首钢大跳台举行的2023至2024赛季国际雪联滑雪大跳台世界杯, 并夺得男子单板大跳台冠军。如图为可视为质点的运动员在训练时的情景: 运动员穿着专用滑雪板, 在滑雪道上获得速度 v_0 后从 A 点沿水平方向飞出, 在空中飞行一段距离后恰好在山坡底端 B 点着陆, 如图所示。已知山坡可看成倾角为 θ 的斜面, 不考虑空气阻力, 重力加速度为 g , 求:



- (1) 运动员落在 B 点时速度与水平方向夹角的正切值;
- (2) 运动员从 A 点到与斜面距离最大时所用的时间及与斜面的最大距离。

变

12. 如图所示是位于同一竖直平面内的游戏装置, M 是固定的直三棱柱, O 是三棱柱表面上的一点。 N 是倾角 $\theta = 37^\circ$ 的固定斜面, A 是斜面上距离 O 点水平距离 $x = 2.7\text{m}$ 的点。游戏时让小球从距离 O 点某高度处自由落下, 在 O 点与三棱柱碰撞(不计碰撞时间), 碰后速度方向水平向右, 速度大小与碰前相同。若小球恰好垂直斜面打在 A 点为游戏取胜, 重力加速度 g 取 10m/s^2 , $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$, 不计空气阻力。求游戏取胜时:



- (1) 小球落在 A 点的速度大小 v ;
- (2) 小球自由下落时距离 O 点的高度 H ;
- (3) 小球在空中运动的总时间 t 。

难点

知识点四: 平抛运动中的临界、极值问题

在平抛运动中, 由于时间由高度决定, 水平位移由高度和初速度决定, 因而在越过障碍物时,

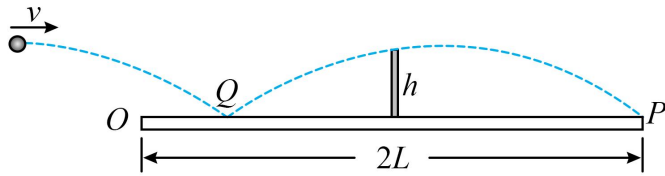
有可能会出现恰好过去或恰好过不去的临界状态，还会出现运动位移的极值等情况。

- 1.若题目中有“刚好”“恰好”“正好”等字眼，明显表明题述的过程中存在着临界点。
- 2.若题目中有“取值范围”“多长时间”“多大距离”等词语，表明题述的过程中存在着“起止点”，而这些“起止点”往往就是临界点。
- 3.若题目中有“最大”“最小”“至多”“至少”等字眼，表明题述的过程中存在着极值点，这些极值点也往往是临界点。

💡 典例精讲

例

13. 如图所示，乒乓球台的水平长度为 $2L$ ，中间的球网高度为 h ，运动员在球台左上方将球水平发出，发球点距球台左边缘 O 点的水平距离为 $\frac{1}{2}L$ ，球在己方台面上反弹后恰好掠过球网并落在对方球台边缘 P 处，虚线为乒乓球运动的轨迹。已知乒乓球在台面上反弹前后的水平分速度不变，竖直分速度大小不变但方向相反， Q 为乒乓球在己方台面上的落点， O 、 P 、 Q 在同一直线上，且 OP 与球台侧边平行，不考虑乒乓球的旋转和空气阻力，重力加速度为 g ，下列说法正确的是（ ）

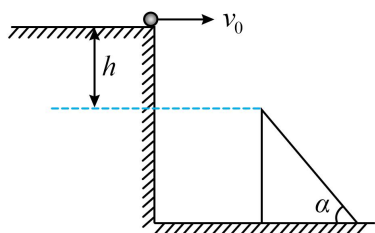


- A. 发球点距 O 点的竖直高度为 $\frac{4}{3}h$
- B. 发球点距 O 点的竖直高度为 $\frac{5}{3}h$
- C. 发球速度大小为 $L\sqrt{\frac{g}{3h}}$
- D. 发球速度大小为 $L\sqrt{\frac{g}{2h}}$

例

14. 如图所示，一小球以初速度 $v_0 = 4\text{m/s}$ 自平台上水平抛出，恰好切入临近平台的一倾角为 $\alpha = 37^\circ$ 的光滑固定斜面顶端，已知 $g = 10\text{m/s}^2$ ， $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ ，求：

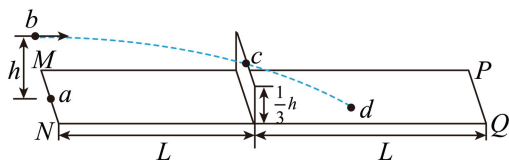
- (1) 小球在空中运动时间 t ；
- (2) 斜面顶端与平台的高度差 h 和斜面与平台的水平距离 x 分别是多少？



变式训练

变

15. 如图所示，球网位于球台的中间位置，球台的左、右边界分别记为 MN 、 PQ ，边界 MN 中点 a 正上方 h 处为 b 点。某次运动员将球从 b 点垂直于 MN 水平向右击出，恰好经过网上边沿的 c 点后落在球台上 d 点，不计空气阻力。已知网高为 $\frac{1}{3}h$ ， MN 、 PQ 之间的距离为 $2L$ ，重力加速度为 g 。以下说法正确的是（ ）

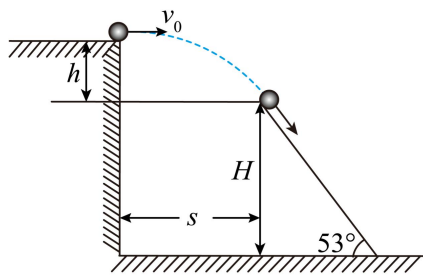


- A. 乒乓球被击出时的初速度大小为 $\frac{L}{2}\sqrt{\frac{3g}{h}}$
- B. 球的落点 d 与击出点 b 之间的水平距离为 $\frac{\sqrt{6}}{2}L$
- C. 球在落点 d 处的速度方向与水平方向夹角的正切值为 $\frac{\sqrt{6}h}{3L}$
- D. 若只限定在 b 点水平击出，球的初速度只有不大于 $2L\sqrt{\frac{2g}{h}}$ ，才会落在对方台面上

变

16. 如图所示，小球从平台上抛出，正好落在临近平台的一倾角为 $\alpha = 53^\circ$ 的光滑斜面上，且速度方向恰好沿斜面，并沿光滑斜面下滑，已知斜面顶端与平台的高度差 $h = 0.8\text{m}$ ，重力加速度 g 取 10m/s^2 ， $\sin 53^\circ = 0.8$ ， $\cos 53^\circ = 0.6$ ，求

- (1) 小球经多长时间到达斜面顶端？
- (2) 小球水平抛出的初速度 v_0 是多少？
- (3) 若斜面顶端高 $H = 20.8\text{m}$ ，则小球离开平台后经多长时间到达斜面底端。



重点

知识点五：斜抛运动

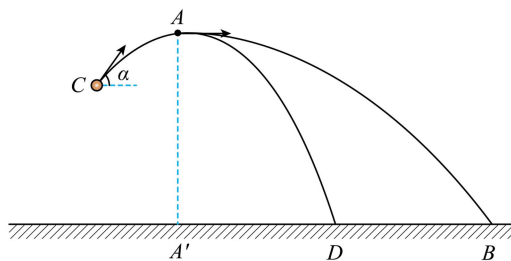
<p>水平方向——匀速直线运动 $v_x = v_0 \cos \theta$；</p> <p>竖直方向——竖直上抛运动 $v_y = v_0 \sin \theta - gt$</p>	<p>①一分为二：从最高点分为两个平抛运动；</p> <p>②逆向思维</p>



典例精讲

例

17. 2024年巴黎奥运会上，郑钦文为中国队勇夺网球女子单打首枚金牌。若某次训练中，她第一次在地面上方 A 点把网球以初速度 v_0 水平击出，落在水平面上 B 点；第二次在地面上方 C 点把网球以一定初速度斜向上击出，初速度方向与水平方向的夹角为 $\alpha = 53^\circ$ ，网球运动的最高点恰好为 A 点，落在水平面上 D 点，如图为网球两次运动的轨迹，两轨迹在同一竖直平面内， A 点在水平地面的投影点为 A' ， $A'B = 2A'D$ ， A 点到地面的距离是 C 点到地面的距离的 $\frac{4}{3}$ ，不计空气阻力，重力加速度大小为 g ， $\sin 53^\circ = 0.8$ 。下列说法错误的是（ ）



A. 网球两次在空中均做匀变速运动

B. 网球第二次的初速度大小为 $\frac{5v_0}{6}$

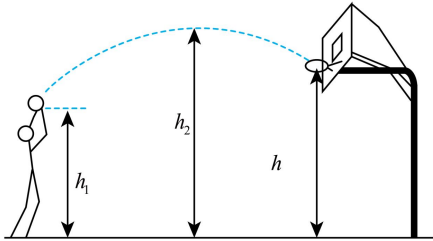
C. A 、 C 两点间的水平距离为 $\frac{v_0^2}{3g}$

D. 网球在 B 点的速度大小为 $2v_0$

例

18. 如图所示，篮筐距水平地面的高度 $h = 3.05\text{m}$ ，某次远距离投篮练习中，竖直站立的运动员到篮筐中心的水平距离 $x = 10.8\text{m}$ ，篮球（视为质点）出手点距地面的高度 $h_1 = 2.6\text{m}$ ，篮球投出后恰好“空心”入筐。已知篮球的运行轨迹为抛物线，最高点距地面的高度 $h_2 = 3.85\text{m}$ ，取重力加速度大小 $g = 10\text{m/s}^2$ ，不计空气阻力。求：

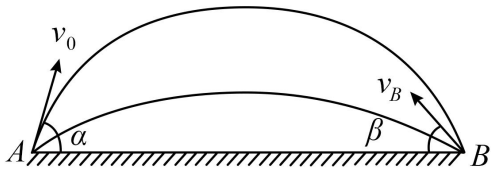
- (1) 篮球从出手到进筐所用的时间 t ；
- (2) 篮球出手时的速度大小 v 。



变式训练

变

19. 在水平地面上有 A 、 B 两点，从 A 、 B 两点以同样大小的初速度 $v_0 = 20\text{m/s}$ 同时抛出两石块， A 石块沿较高曲线飞行， B 石块沿较低曲线飞行，两石块都恰好落在对方的抛出点（如图所示）。已知 A 石块的抛射角为 75° ，重力加速度 g 取 10m/s^2 。则下列说法正确的是（ ）



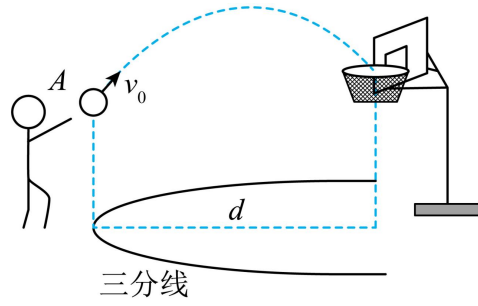
- A 、 B 两点之间的距离为 15m
- B 石块的抛射角为 15°
- 以 A 石块为参考系， B 石块相对于 A 石块做匀速直线运动，速度大小为 $20\sqrt{2}\text{m/s}$
- B 石块在空中飞行的时间为 $2(\sqrt{2} + \sqrt{6})\text{s}$

变

20. 校班级篮球赛中，高二张同学在三分线边将篮球投出，恰好从球框中心穿过，引起一阵赞叹。比赛结束后，班级某学习小组根据录像研究，发现篮球投出时速度与水平方向恰好成 60° 角，而球入框时速度与水平方向成 30° 角。假如三分线与球框中心垂直线与地面的交点

距离为 d ，不计球的旋转和空气阻力，重力加速度为 g 。求：

- (1) 张同学投球时的初速度大小 v_0
- (2) 投球点距篮框的高度 H 。



参考答案:

1. (1) 匀速 匀加速

$$(2) \frac{3\sqrt{2gl}}{2}$$

(3)A

(4)ACE

【详解】(1) [1]由题图可知, 小球在水平方向有

$$x_{ab} = x_{bc} = x_{cd} = 3l$$

即在相等时间内通过的位移相等, 因此小球在水平方向做匀速直线运动。

[2]小球在竖直方向有

$$y_{cd} - y_{bc} = y_{bc} - y_{ab} = 2l$$

由匀变速直线运动的推论 $\Delta y = gT^2$ 可知, 小球竖直方向做匀加速直线运动。

(2) 由匀变速直线运动的推论 $\Delta y = gT^2$ 可得

$$T = \sqrt{\frac{\Delta y}{g}} = \sqrt{\frac{2l}{g}}$$

小球做平抛运动的初速度大小为

$$v_0 = \frac{3l}{T} = 3l\sqrt{\frac{g}{2l}} = \frac{3\sqrt{2gl}}{2}$$

(3) 在研究平抛运动实验中, 为减小空气阻力对小球运动的影响, 应采用实心小铁球, 实心小铁球体积较小, 质量较大, 受空气阻力的影响相对较小。

故选 A。

(4) ABC. 在做“探究平抛运动”的实验时, 要确保小球的初速度水平, 且每次抛出初速度要相同, 则调节斜槽的末端保持水平, 每次释放小球的位置必须相同, 每次必须由静止释放小球, AC 正确, B 错误;

D. 记录小球位置用的木条 (或凹槽) 每次不必严格地等距离下降, D 错误;

E. 确保小球运动时不会受到摩擦力作用, 则小球运动时不应与木板上的白纸 (或方格纸) 相接触, E 正确;

F. 将球的位置记录在纸上后, 取下纸, 将点连成平滑的曲线, F 错误。

故选 ACE。

2. (1)同时

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/708012042027007015>