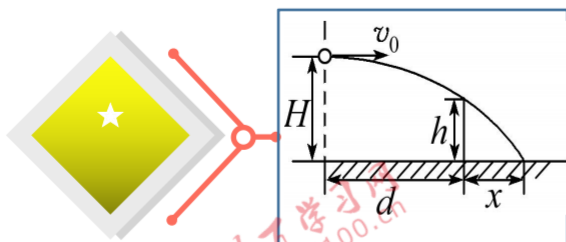


挡板约束



在常见的击球运动中，球擦网而过时的轨迹如图所示，此时有

$$H-h = \frac{1}{2}gt_1^2, \quad d = v_0 t_1$$

$$H = \frac{1}{2}gt_2^2, \quad d+x = v_0 t_2$$

例、如图所示，水平屋顶高 $H=5\text{ m}$ ，围墙高 $h=3.2\text{ m}$ ，围墙到房子的水平距离 $L=3\text{ m}$ ，围墙外空地宽 $x=10\text{ m}$ ，为使小球从屋顶水平飞出落在围墙外的空地上， g 取 10 m/s^2 。求：

(1) 小球离开屋顶时的速度 v_0 的大小范围；

(2) 小球落在空地上的最小速度。

(3) 小球落在空地上的区域长度

答案 (1) $5\text{ m/s} \leq v_0 \leq 13\text{ m/s}$ (2) $5\sqrt{5}\text{ m/s}$ (3) 8 m

解析 (1) 设小球恰好落到空地的右侧边缘时的水平初速度为 v_{01} ，则小球的水平位移： $L+x = v_{01} t_1$

小球的竖直位移： $H = \frac{1}{2}gt_1^2$

解以上两式得 $v_{01} = (L+x) \sqrt{\frac{g}{2H}} = 13\text{ m/s}$

设小球恰好越过围墙的边缘时的水平初速度为 v_{02} ，则此过程中小球的水平位移：

$$L = v_{02} t_2$$

小球的竖直位移： $H-h = \frac{1}{2}gt_2^2$

解以上两式得： $v_{02} = L \sqrt{\frac{g}{2(H-h)}} = 5\text{ m/s}$

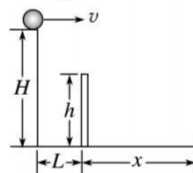
小球离开屋顶时的速度大小为 $5\text{ m/s} \leq v_0 \leq 13\text{ m/s}$

(2) 小球落在空地上，下落高度一定，落地时的竖直分速度一定，当小球恰好越过围墙的边缘落在空地上时，落地速度最小。

竖直方向： $v_y^2 = 2gH$

又有： $v_{\min} = \sqrt{v_{02}^2 + v_y^2}$

解得： $v_{\min} = 5\sqrt{5}\text{ m/s}$

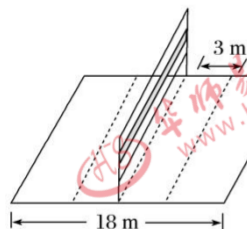


即时练习

1. 如图所示, 排球场总长为 18 m, 设球网高度为 2 m, 运动员站在网前 3 m 处正对球网跳起将球水平垂直球网击出, 取重力加速度 $g=10 \text{ m/s}^2$.

(1) 若击球高度为 2.5 m, 为使球既不触网又不出界, 求水平击球的速度范围.

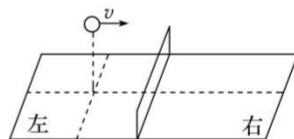
(2) 当击球点的高度为何值时, 无论水平击球的速度多大, 球不是触网就是出界?



【答案】(1) $3\sqrt{10} \text{ m/s} < v \leq 12\sqrt{2} \text{ m/s}$ (2) $h < \frac{32}{15} \text{ m}$

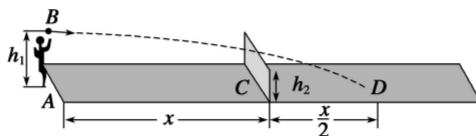
2. 如图所示, 球网高出桌面 H , 网到桌边的距离为 L , 某人在乒乓球训练中, 从左侧 $\frac{L}{2}$ 处, 将球沿垂直于网的方向水平击出, 球恰好通过网的上沿落到右侧边缘, 设乒乓球的运动为平抛运动, 下列判断正确的是()

- A. 击球点的高度与网高度之比为 2 : 1
- B. 乒乓球在网左右两侧运动时间之比为 2 : 1
- C. 乒乓球在左、右两侧运动速度变化率之比为 1 : 2
- D. 乒乓球在左、右两侧运动速度变化量之比为 1 : 2



答案 D

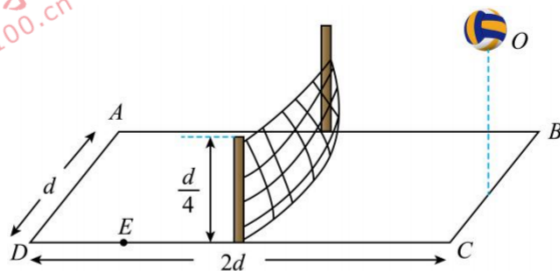
3. (中途闯关) (多选) 2014 年 9 月 19 日, 李娜宣布退役, 就此结束辉煌的网球生涯. 如图所示为李娜将球在边界 A 处正上方 B 点水平向右击出, 球恰好过网 C 落在 D 处的示意图, 不计空气阻力, 已知 $AB=h_1$, $AC=x$, $CD=\frac{x}{2}$, 网高为 h_2 , 下列说法中正确的是()



- A. 击球点高度 h_1 与球网的高度 h_2 之间的关系为 $h_1=1.8h_2$
- B. 若保持击球高度不变, 球的初速度 v_0 等于 $\frac{x\sqrt{gh_1}}{h_1}$, 刚落在对方右边界线上
- C. 任意降低击球高度(仍高于 h_2), 只要击球初速度合适(球仍水平击出), 球一定能落在对方界内
- D. 任意增加击球高度, 只要击球初速度合适(球仍水平击出), 球一定能落在对方界内

答案 AD

4. (2024·河北保定·二模) 在第 19 届杭州亚运会女子排球决赛中, 中国女排以 3:0 战胜日本女排, 以六战全胜且一局未失的战绩成功卫冕。如图所示, 排球场的宽为 d , 长为 $2d$, 球网高为 $\frac{d}{4}$, 发球员在底线中点正上方的 O 点将排球水平击出, 排球恰好擦着网落在对方场地边线上的 E 点, $ED = \frac{d}{2}$, 不计空气阻力, 重力加速度大小为 g , 下列说法正确的是 ()



A. O 点距地面的高度为 $\frac{9d}{20}$

B. 排球做平抛运动的时间为 $\sqrt{\frac{d}{g}}$

C. 排球击出时的速度大小为 $\sqrt{gd}$

D. 排球着地时的速度大小为 $2\sqrt{gd}$

【答案】A

【解析】AB. 排球做平抛运动的轨迹在地面上的投影为 $O'E$, 显然 $\frac{O'F}{EF} = \frac{CQ}{EQ} = \frac{2}{1}$ 所以排球在左、右场地运动的时间之比为 1:2, 设排球做平抛运动的时间为 $3t$, 有

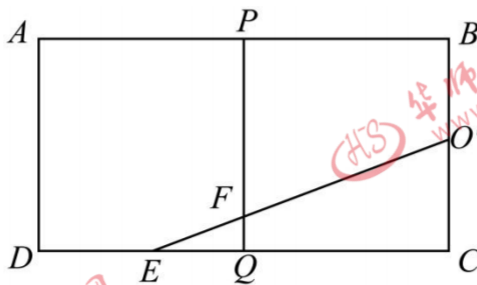
$$H = \frac{1}{2}g(3t)^2 \quad \frac{d}{4} = \frac{1}{2}g(3t)^2 - \frac{1}{2}g(2t)^2 \text{ 解得 } H = \frac{9d}{20} \quad 3t = \sqrt{\frac{9d}{10g}} \text{ 选项 A 正}$$

确、B 错误;

C. 排球击出时的速度大小 $v_0 = \frac{O'E}{3t} = \frac{5\sqrt{gd}}{3}$, 选项 C 错误;

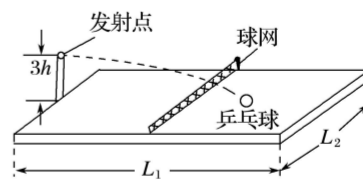
D. 排球着地时的速度大小 $v = \sqrt{v_0^2 + 2gH} = \sqrt{\frac{331gd}{90}}$, 选项 D 错误。

故选 A。



5. (最终闯关) (2015.新课标全国I.18) 一带有乒乓球发射机的乒乓球台如图所示. 水平台面的长和宽分别为 L_1 和 L_2 , 中间球网高度为 h . 发射机安装于台面左侧边缘的中点, 能以不同速率向右侧不同方向水平发射乒乓球, 发射点距台面高度为 $3h$. 不计空气的作用, 重力加速度大小为 g . 若乒乓球的发射速率 v 在某范围内, 通过选择合适的方向, 就能使乒乓球落到球网右侧台面上, 则 v 的取值范围是()

- A. $\frac{L_1}{2}\sqrt{\frac{g}{6h}} < v < L_1\sqrt{\frac{g}{6h}}$
 B. $\frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}} < v < \sqrt{\frac{(4L_1^2 + L_2^2)g}{6h}}$
 C. $\frac{L_1}{2}\sqrt{\frac{g}{6h}} < v < \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2 + L_2^2)g}{6h}}$
 D. $\frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}} < v < \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2 + L_2^2)g}{6h}}$



答案 D

【解析】当速度最小时, 球沿中线, 恰好过网, 设速度为 v_1 , 则有 $3h - h = \frac{1}{2}gt_1^2$, $\frac{L_1}{2} = v_1 t_1$, 解得 $v_1 = \frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}}$; 当速度最大时, 球斜向右侧台面两个角发射, 设速度为 v_2 , 则

$3h = \frac{1}{2}gt_2^2$, $\sqrt{L_1^2 + \left(\frac{L_2}{2}\right)^2} = v_2 t_2$, 解得 $v_2 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2 + L_2^2)g}{6h}}$, 因此 v 的最大取值范围是 $\frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}} < v < \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2 + L_2^2)g}{6h}}$, 选项 D 正确.

小结: 找出平抛过程中限制水平距离或者竖直距离的临界, 联立方程求解