

高中物理二级结论

(新编)

含物理学史和物理方法

高中物理二级结论（含习题训练）

温馨提示：

物理概念、规律和课本上的知识是“一级物理知识”，此外，有一些在做题时常常用到的物理关系或者做题的经验，叫做“二级结论”。这是在一些常见的物理情景中，由基本规律和基本公式导出的推论，或者解决某类习题的经验，这些知识在做题时出现率非常高，如果能记住这些二级结论，那么在做填空题或者选择题时就可以直接使用。在做论述、计算题时，虽然必须一步步列方程，不能直接引用二级结论，但是记得二级结论能预知结果，可以简化计算和提高思维起点，也是有用的。

一般地讲，做的题多了，细心的同学自然会熟悉并记住某些二级结论。如果加以整理、理解和记忆，那么二级结论就能发挥出更大的作用。常说内行人“心中有数”，二级结论就是物理内行心中的“数”。运用“二级结论”的风险是出现张冠李戴，提出**四点使用建议**：

1. 每个“二级结论”都要熟悉它的推导过程，一则可以在做论述、计算题时顺利列出有关方程，二则可以在记不清楚时进行推导！
2. 记忆“二级结论”，先想前提，后记结论，切勿盲目照搬、套用。要同时记清它的使用条件，避免错用！
3. 常用于解选择题，可以提高解题速度。一般不能直接用于计算题中！
4. 配套训练是为了加强二级结论使用体验，但并不是所有题目都能直接死套二级结论，需要灵活应变！

一、运动学

★1、匀变速直线运动 $\bar{v} = v_{\frac{t}{2}} = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{x}{t}$

- ①且若已知位移和时间或已知中间时刻的瞬时速度，用平均速度思考匀变速直线运动问题，总会带来方便
- ②根据 $v-t$ 图像易证：机车恒功率启动过程，电磁感应中单杆在恒力作用下从静止开始的变加速运动过程，平均速度都大于 $(v+v_0)/2$

训练 1. 一辆汽车从车站以初速度为零匀加速直线开去，开出一段时间之后，司机发现小康同学未上车，便紧急刹车做匀减速运动.从启动到停止一共经历 $t=10\text{ s}$ ，前进了 15 m ，在此过程中，汽车的最大速度为()

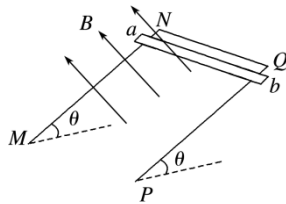
- A. 1.5 m/s B. 3 m/s C. 4 m/s D. 无法确定

训练 2. 一物体由静止开始作匀加速运动，它在第 n 秒内的位移是 s ，则其加速度大小为()

- A. $\frac{2s}{2n-1}$ B. $\frac{2s}{n-1}$ C. $\frac{2s}{n^2}$ D. $\frac{2s}{n+1}$

训练 3. 做匀变速直线运动的质点，先后经过 A 、 B 、 C 三点，已知 $AB=BC$ ，质点在 AB 段和 BC 段的平均速度分别为 $v_1=3\text{ m/s}$ 和 $v_2=7\text{ m/s}$ ，求：(1) AC 段的平均速度 (2) B 点和 C 点的瞬时速度

训练 4.(多选)如图所示,足够长的 U 形光滑金属导轨平面与水平面成 θ 角($0^\circ < \theta < 90^\circ$),其中 MN 与 PQ 平行且间距为 L ,导轨平面与磁感应强度为 B 的匀强磁场垂直,导轨电阻不计.金属棒 ab 由静止开始沿导轨下滑,并与两导轨始终保持垂直且良好接触, ab 棒接入电路的电阻为 R ,当流过 ab 棒某一横截面的电荷量为 q 时,棒的速度大小为 v ,则金属棒 ab 在这一过程中()



- A. 产生的焦耳热为 $qBLv$
- B. ab 棒中的电流方向从 a 到 b
- C. 下滑的位移大小为 $\frac{qR}{BL}$
- D. 运动的平均速度大于 $\frac{1}{2}v$

2、匀变速直线运动 $v_{x/2} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_t^2}{2}}$

利用图像容易证明,无论匀加速还是匀减速,都有 $v_{t/2} < v_{x/2}$ 。(请画图推导)

★3、纸带公式: $\Delta x = aT^2$ 。即连续相邻相等时间内的位移构成等差数列,公差为 aT^2 。

推广式为 $x_m - x_n = (m-n)aT^2$,若是连续 6 段位移,则有 $\bar{a} = \frac{(x_6 + x_5 + x_4) - (x_3 + x_2 + x_1)}{9T^2}$

4.匀变速直线运动, $v_0 = 0$ 时的推论:

①时间等分点:各时刻速度比: 1: 2: 3: 4: 5

各时刻总位移比: 1: 4: 9: 16: 25

各段时间内位移比: 1: 3: 5: 7: 9

②位移等分点:到达各等分点时速度比: $1: \sqrt{2}: \sqrt{3}: \dots$

到达各等分点所需时间比 $1: \sqrt{2}: \sqrt{3}: \dots$

通过各段时间比 $1: (\sqrt{2}-1): (\sqrt{3}-\sqrt{2}): \dots$

训练 5.一个从静止开始做匀加速直线运动的物体,从开始运动起,连续通过三段位移的时间分别是 1 s、2 s、3 s,这三段位移的长度之比和这三段位移上的平均速度之比分别是()

- A. $1: 2^2: 3^2$; $1: 2: 3$
- B. $1: 2^3: 3^3$; $1: 2^2: 3^2$
- C. $1: 2: 3$; $1: 1: 1$
- D. $1: 3: 5$; $1: 2: 3$

★训练 6.作匀减速直线运动的物体,从开始减速到停下来的位移分成 20 等份,则它通过第 5 段、第 10 段、第 15 段所用的时间之比为()

- A. $(4-\sqrt{5}):(\sqrt{11}-\sqrt{10}):(\sqrt{6}-\sqrt{5})$
- B. $(\sqrt{6}-\sqrt{5}):(\sqrt{11}-\sqrt{10}):(4-\sqrt{5})$
- C. $(\sqrt{15}-\sqrt{14}):(\sqrt{10}-3):(\sqrt{5}-2)$
- D. $(\sqrt{5}-2):(\sqrt{10}-3):(\sqrt{15}-\sqrt{14})$

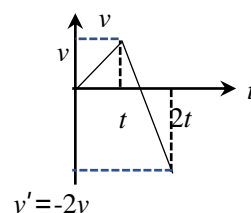
★训练 7. 一列火车从静止开始做匀加速直线运动，某观察者站在第一节车厢前端，他测得第一节车厢通过他历时 10 秒，全部车厢通过他历时 50 秒，每节车厢长度相等，则火车的总节数为____节，最后 9 节车厢通过观察者历时____秒。
第 4 节车厢通过观察者历时____秒

5. 竖直上抛运动：对称性： $t_{\text{上}} = t_{\text{下}} = \frac{v_0}{g}$ ， $v_{\text{上}} = v_{\text{下}}$ ， $h_m = \frac{v_0^2}{2g}$

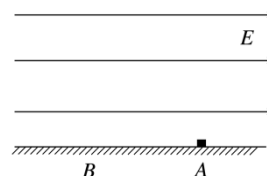
6. “刹车陷阱”：即匀减速的问题，应先求停止时间 t_0 。若滑行时间 t 大于 t_0 ，用 $v_0^2 = 2ax$ 或 $x = v_0 t_0 / 2$ ，求滑行距离；
若 t 小于 t_0 时 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

★7. 物理从静止开始匀加速，经 t 时间后受反向恒力开始匀减速，又经 t 恰好回到原出发点，则 $a_2 = 3a_1$

证明：如右图， $\frac{vt}{2} = -\frac{v+v'}{2}t$ ，即 $v' = -2v$ ，故 $a_2 = 3a_1$



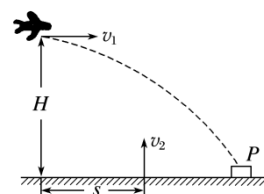
训练 8. 如图所示，光滑绝缘水平面上方存在电场强度大小为 E 、方向水平向右的匀强电场。某时刻将质量为 m 、带电荷量为 $-q$ 的小金属块从 A 点由静止释放，经时间 t 到达 B 点，此时电场突然反向且增强为某恒定值，又经过时间 t 小金属块回到 A 点，小金属块在运动过程中电荷量保持不变，求反向后匀强电场的电场强度大小。



8. 参考系变换（相对运动）：当各物体加速度相同时，各物体间相对运动是匀速直线运动

$$\vec{v}_{AB} = \vec{v}_{AC} + \vec{v}_{CB} \quad \vec{a}_{AB} = \vec{a}_{AC} + \vec{a}_{CB} \quad (\text{物体间不发生相对转动}) \quad \vec{x}_{AB} = \vec{x}_{AC} + \vec{x}_{CB}$$

训练 9. 如图所示，在一次空地演习中，离地 H 高处的飞机发射一颗炮弹，炮弹以水平速度 v_1 飞出，欲轰炸地面目标 P ，反应灵敏的地面拦截系统同时以速度 v_2 竖直向上发射炮弹进行拦截，设飞机发射炮弹时与拦截系统的水平距离为 s ，若拦截成功，不计空气阻力，则 v_1 、 v_2 的关系应满足()



- A. $v_1 = v_2$ B. $v_1 = \frac{s}{H} v_2$ C. $v_1 = \sqrt{\frac{H}{s}} v_2$ D. $v_1 = \frac{H}{s} v_2$

9、物体刚好不滑出小车（或木板）某端的临界条件是：物体滑到小车某端时恰好与小车共速。

10、追及和相遇问题——两个物体刚好不相撞的临界条件是：接触时速度相等或者匀速运动的速度相等。

在同一直线上运动的两个物体距离最大（小）的临界条件是：速度相等。

★11、 $1/v-x$ 图象，图线与 x 轴围成的“面积”表示时间。

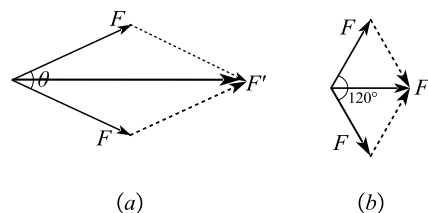
训练 10.一只老鼠从洞口爬出后沿直线运动，其速度大小与其离开洞口的距离成反比，当其到达距洞口为 1m 的 A 点时速度为 2m/s，若 B 点离洞口的距离为 2m，求老鼠由 A 运动到 B 所需的时间。

二、静力学问题

1、几个力平衡，其中一个力与其它几个力的合力等大反向。

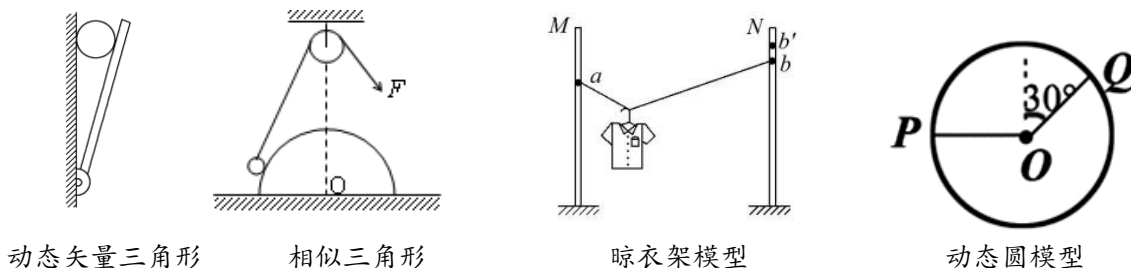
2、正 Y 模型：两个力 $F_1 = F_2 = F$ 且夹角为 θ 则二者的合力在其角平分

线上，且 $F_{\text{合}} = 2F \cos \frac{\theta}{2}$ 。当 $\theta = 120^\circ$ 时 $F_{\text{合}} = F_1 = F_2 = F$



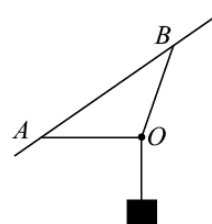
3、滑轮模型：绳跨过“光滑小环”、“光滑滑轮”、“光滑挂钩”等，拉力大小处处相等；

★4、几类动态平衡模型：



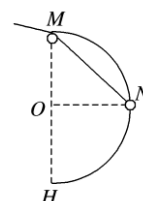
训练 11.如图，轻绳两端固定在一硬质轻杆上的 A、B 两点，在轻绳中点 O 系一重物。现将杆顺时针在竖直面内慢慢旋转，使 OA 从水平位置转到到竖直位置的过程中，绳 OA、OB 的张力 F_A 和 F_B 的大小变化情况是()

- A. F_A 先增大后减小， F_B 一直减小 B. F_A 先减小后增大， F_B 一直增大。
C. F_A 先减小后增大， F_B 先增大后减小 D. F_A 先增大后减小， F_B 先减小后增大



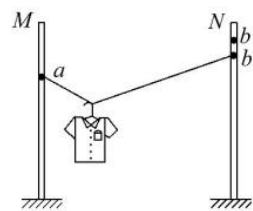
训练 12.如图所示，光滑的半圆环沿竖直方向固定，M 点为半圆环的最高点，N 点为半圆环上与半圆环的圆心等高的点，直径 MH 沿竖直方向，光滑的定滑轮固定在 M 处，另一小圆环穿过半圆环用质量不计的轻绳拴接并跨过定滑轮。开始小圆环处在半圆环的最低点 H 点，第一次拉小圆环使其缓慢地运动到 N 点，第二次以恒定的速率将小圆环拉到 N 点。滑轮大小可以忽略，则下列说法正确的是()

- A. 第一次轻绳的拉力逐渐增大
B. 第一次半圆环受到的压力逐渐减小
C. 小圆环第一次在 N 点与第二次在 N 点时，轻绳的拉力相等
D. 小圆环第一次在 N 点与第二次在 N 点时，半圆环受到的压力相等



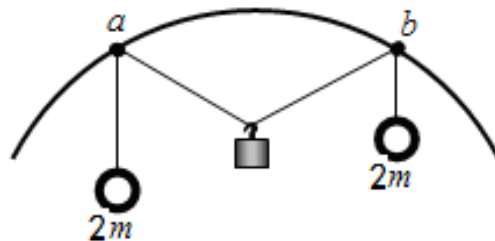
★训练 13.(多选)如图所示,轻质不可伸长的晾衣绳两端分别固定在竖直杆 M、N 上的 a、b 两点,悬挂衣服的衣架挂钩是光滑的,挂于绳上处于静止状态。如果只人为改变一个条件,当衣架静止时,下列说法正确的是()

- A. 绳的右端上移到 b', 绳子拉力不变
- B. 将杆 N 向右移一些, 绳子拉力变大
- C. 若换挂质量更大的衣服, 绳子拉力变大且衣架悬挂点右移
- D. 若有恒定水平风力水平向右, 左右两侧绳子夹角将变大
- E. 若有恒定风力垂直衣服向后吹, 绳子拉力变大



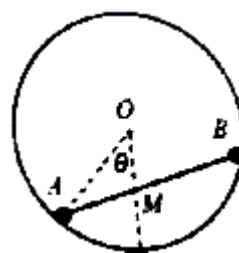
训练 14. 如图, 两个轻环 a 和 b 套在位于竖直面内的一段固定圆弧上, 一细线穿过两轻环, 其两端各系一质量为 $2m$ 的小球, 在 a 和 b 之间的细线上悬挂一小物块, 平衡时, a、b 间的距离恰好等于圆弧的半径, 不计所有摩擦, 则小物块的质量为()

- A. $\frac{m}{2}$
- B. $\frac{\sqrt{3}}{2}m$
- C. m
- D. $2m$



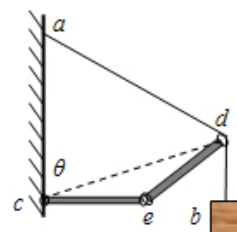
★训练 15. 内壁光滑的球体半径为 R , 一长度小于直径的轻杆两端固定质量分别为 m_A 、 m_B 的小球 A、B。将轻杆置于球体内部后。最终静止在图示位置不动, 球心 O 与杆在同一竖直平面内, 过球心 O 竖直向下的半径与杆的交点为 M , $OM = \frac{R}{2}$ 。下列判断正确的是()

- A. $m_A < m_B$
- B. 球体内壁对 A 球的支持力 $N_A = 2m_A g$
- C. 轻杆对 B 球的支持力有可能小于 B 球的重力
- D. 若增大 m_A , θ 角会增大



★训练 16. (多选)哥伦比亚大学的工程师研究出一种可以用于人形机器人的合成肌肉, 可模仿人体肌肉做出推、拉、弯曲和扭曲等动作。如图所示, 连接质量为 m 的物体的足够长轻细绳 ab 一端固定于墙壁, 用合成肌肉和金属“骨架”做成的“手臂” (ced 的 d 端固定一小滑轮, c 端用铰链固定于墙壁, e 也为铰链, c 和 e 类似于人手臂的关节, 由合成肌肉控制手臂的曲张, 细绳绕过滑轮。设 cd 连线与竖直墙壁 ac 夹角为 θ , 不计绳与滑轮间的摩擦, 下列说法正确的是()

- A. 若保持 θ 不变, 增大 cd 长度, 细绳 ad 部分拉力不变
- B. 若保持 $\theta = 90^\circ$, 增大 cd 长度, 细绳对滑轮的力始终沿 dc 方向
- C. 若保持 ac 等于 ad , 增大 cd 长度, 细绳对滑轮的力始终沿 dc 方向
- D. 若 θ 从 90° 逐渐变为零, cd 长度不变, 且保持 $ac > cd$, 则细绳对滑轮的力先增大后减小

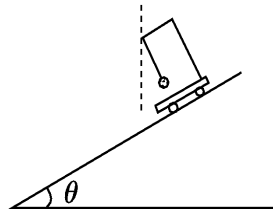


三、常见动力学规律

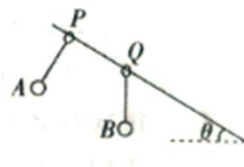
- 1.除重力、支持力、摩擦力外不受其他力时，物体在水平面或水平传送带上滑行： $a=\mu g$
- 2.除重力、支持力、摩擦力外不受其他力的情况下物体沿着粗糙斜面恰好匀速下滑时 $\mu=\tan\theta$
- 3.除重力和支持力不受其它力沿光滑斜面下滑或上滑： $a=g\sin\theta$;
- 4.除重力、支持力、摩擦力外不受其他力的情况下沿粗糙斜面下滑： $a=g\sin\theta-\mu g\cos\theta$;
沿粗糙斜面上冲： $a=g\sin\theta+\mu g\cos\theta$

★5、悬挂有物体的小车在斜面上滑行(如图所示):

- 1) 向下的加速度 $a = g \sin \theta$ 时, 悬绳稳定时将垂直于斜面;
- 2) 向下的加速度 $a > g \sin \theta$ 时, 悬绳稳定时将偏离垂直方向向上;
- 3) 向下的加速度 $a < g \sin \theta$ 时, 悬绳将偏离垂直方向向下.



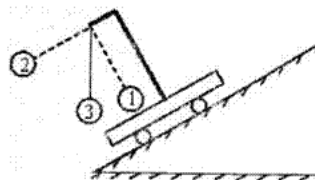
训练 17. (多选)如图所示,质量均为 m 的圆环 P、Q 套在倾角为 $\theta = 30^\circ$ 的固定直杆上, P、Q 分别通过轻绳与质量均为 $3m$ 的小球 A、B 相连, P、Q 均沿杆向下滑动且分别与 A、B 保持相对静止, PA 绳与杆垂直, QB 绳竖直。重力加速度大小为 g 。下列说法正确的是()



- A. P 不受摩擦力
- B. P 的加速度大小为 $\frac{\sqrt{3}}{2}g$
- C. Q 受到的摩擦力大小为 mg
- D. Q 受到杆的作用力大小为 $4mg$

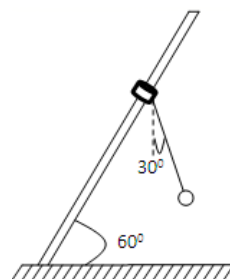
训练 18. (多选)一个小球用不可伸长的细线悬挂在一个无动力的小车上随小车沿斜面滑下, 图中的虚线①与斜面垂直, 虚线②沿斜面方向, 实线③为竖直方向。则可判断出()

- A. 如果斜面光滑，则细线与②重合
- B. 如果斜面光滑，则细线与①重合
- C. 如果斜面粗糙但摩擦力小于重力沿斜面向下的分力，则细线位于②与③之间
- D. 如果斜面粗糙但摩擦力大于重力沿斜面向下的分力，则细线位于②与③之间



★7 训练 19.如图,倾斜固定直杆与水平方向成 60° 角,直杆上套有一个圆环,圆环通过一根细线与一只小球相连接.当圆环沿直杆下滑时,小球与圆环保持相对静止,细线伸直,且与竖直方向成 30° 角.下列说法中正确的()

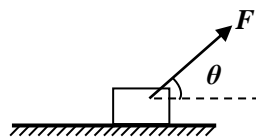
- A. 圆环不一定加速下滑
B. 圆环可能匀速下滑
C. 圆环与杆之间一定没有摩擦
D. 圆环与杆之间一定存在摩擦



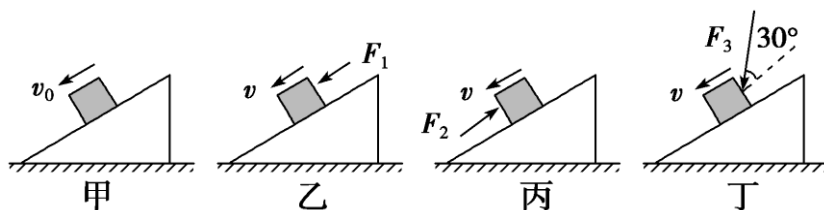
★6、摩擦角：当物体沿平面滑动时，滑动摩擦力与支持力的合力方向与支持面法线夹角始终为定值，且夹角 θ 满足 $\tan\theta=\mu$

训练 20. (多选)水平地面上有一木箱，木箱与地面之间的动摩擦因数为 $\mu(0 < \mu < 1)$ 。现对木箱施加一拉力 F ，使木箱做匀速直线运动。设 F 的方向与水平面夹角为 θ ，如图，在 θ 从 0 逐渐增大到 90° 的过程中，木箱的速度保持不变，则()

- A. F 先减小后增大 B. F 一直增大
C. F 的功率减小 D. F 的功率不变



训练 21.如图甲所示，粗糙的水平地面上有一斜劈，斜劈上一物块正在沿斜面以速度 v_0 匀速下滑，斜劈保持静止，则地面对斜劈的摩擦力为 f_1 ；如图乙所示，若对该物块施加一平行于斜面向下的推力 F_1 使其加速下滑，则地面对斜劈的摩擦力为 f_2 ；如图丙所示，若对该物块施加一平行于斜面向上的推力 F_2 使其减速下滑，则地面对斜劈的摩擦力

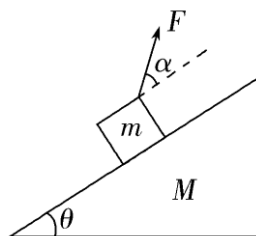


为 f_3 ；如图丁所示，若对该物块施加一与斜面成 30° 斜向下的推力 F_3 使其沿斜面下滑，则地面对斜劈的摩擦力为 f_4 。下列关于 f_1 、 f_2 、 f_3 和 f_4 大小及其关系式中正确的是()

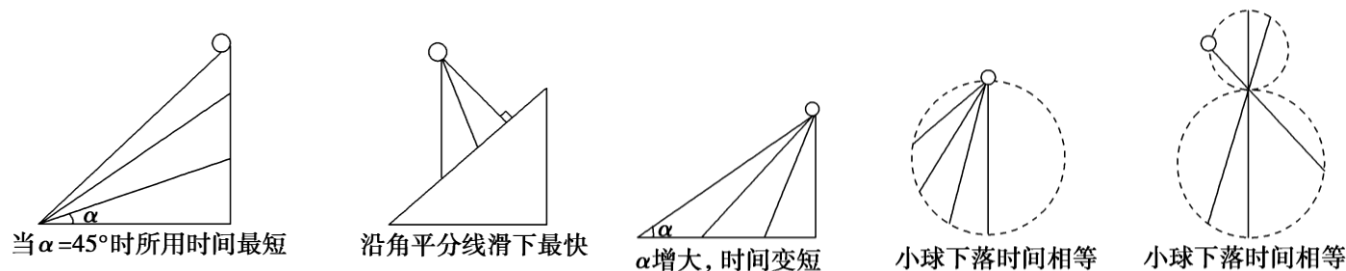
- A. $f_1 > 0$ B. $f_2 < f_3$ C. $f_2 < f_4$ D. $f_3 = f_4$

训练 22.质量为 M 的木楔倾角为 θ ，在水平面上保持静止，当将一质量为 m 的木块放在木楔斜面上时，它正好匀速下滑。如果用与木楔斜面成 α 角的力 F 拉着木块匀速上升，如图所示。已知重力加速度为 g ，木楔在整个过程中始终静止。

- (1)木块与木楔斜面间的动摩擦因数 μ ；
- (2)当 α 和 θ 满足何种关系时，拉力 F 有最小值，并求此最小值；
- (3)当 F 取最小值时，木楔对水平面的摩擦力是多大？

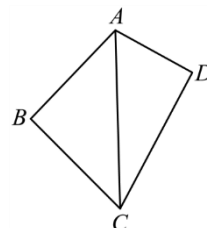


★7、几种沿光滑斜面由静止开始下滑的时间关系：



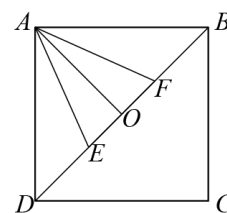
训练 23. 用 5 根光滑杆组成如图所示的四边形 $ABCD$ 和对角线 AC ，且对角线 AC 竖直，

$\angle B = \angle D = 90^\circ$ 。一个中间有孔的光滑小球（可以看成质点）穿在杆上，从 A 点静止释放沿 AB 杆滑到 B 点的时间为 t_1 ，从 A 点由静止释放沿 AD 杆滑到 D 点的时间为 t_2 ，从 B 点由静止释放沿 BC 杆滑到 C 点的时间为 t_3 ，从 D 点由静止释放沿 DC 杆滑到 C 点的时间为 t_4 ，从 A 点由静止释放沿 AC 杆滑到 C 点的时间为 t_5 ，下列时间关系正确的是()



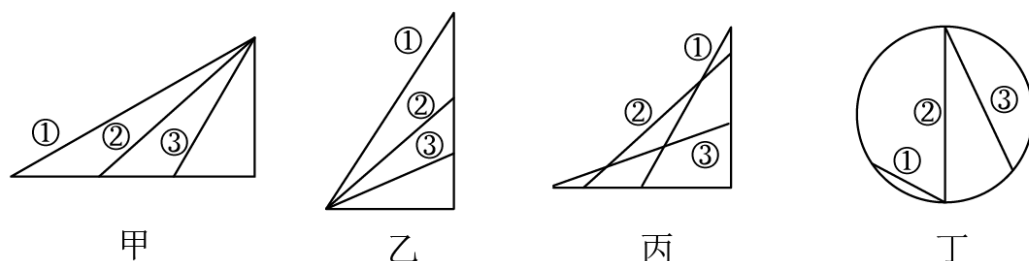
- A. $t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = t_5$ B. $t_5 > t_2 > t_3 > t_1 > t_4$ C. $t_2 > t_3 > t_5 > t_1 > t_4$ D. $t_2 > t_3 > t_1 > t_4 > t_5$

训练 24. 如图所示，在竖直面内有一个正方形 $ABCD$ ， AD 边竖直， BD 是对角线， O 是 BD 的中点， E 、 F 在 BD 上并且关于 O 点对称，从 A 点分别向 E 、 O 、 F 放三个光滑斜面，当物块从顶点 A 静止开始沿着三个斜面滑到底端时，运动时间分别为 t_1 、 t_2 、 t_3 ，则()



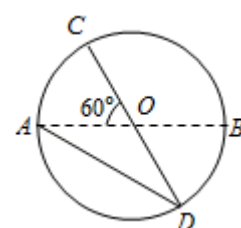
- A. $t_1 < t_2 < t_3$ B. $t_2 < t_1 = t_3$ C. $t_1 = t_2 = t_3$ D. $t_1 = t_2 < t_3$

★训练 25. (多选) 下列甲、乙、丙、丁四图中的 1、2、3 是三个光滑轨道，甲、乙、丙图中的三个轨道与水平面的夹角从大到小均为 60° 、 45° 、 30° ；甲图中三个轨道的起点高度相同，乙图中三个轨道对应的水平底边相同，丙图中三个斜轨道的长度相同，丁图中②轨道为竖直直径，①③轨道的一端分别与②轨道的底端和顶端在同一点上，另一端分别在圆周上。现让同一物体分别沿四个图中的三个光滑轨道从顶端由静止开始下滑，到达底端所用的时间分别为 t_1 、 t_2 、 t_3 ，下列说法正确的是()



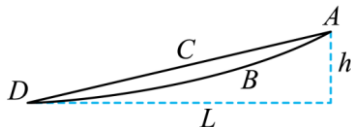
- A. 对于甲图有： $t_1 < t_2 < t_3$ B. 对于乙图有： $t_2 < t_1 = t_3$ C. 对于丙图有： $t_1 < t_2 < t_3$ D. 对于丁图有： $t_1 < t_3 < t_2$

★训练 26. 处于竖直平面内的某圆周的两条直径 AB 、 CD 间夹角为 60° ，其中直径 AB 水平， AD 与 CD 是光滑的细杆，穿过细杆的两个小球分别从 A 点和 C 点由静止释放，它们下滑到 D 点的时间分别是 t_1 、 t_2 ，则 $t_1 : t_2$ 是()



- A. 1:1 B. 2:1 C. $\sqrt{3}:\sqrt{2}$ D. $\sqrt{2}:\sqrt{3}$

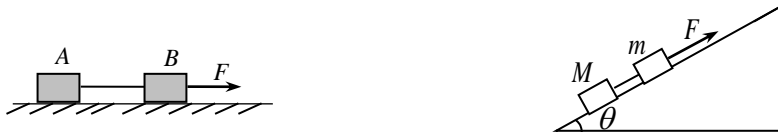
★训练 27.如图,水平面上固定光滑圆弧面 ABD , 水平宽度为 L , 高为 h 且满足 $L \gg h$ 。小球从顶端 A 处由静止释放, 沿弧面滑到底端 D 经历的时间为 t , 若在圆弧面上放一光滑平板 ACD , 仍将小球从 A 点由静止释放, 沿平板滑到 D 的时间为()



- A. t B. $\frac{4}{\pi}t$ C. $\frac{6}{\pi}t$ D. $\frac{2\sqrt{2}}{\pi}t$

★8. 一起加速运动的物体, 合外力按质量正比例 (连接体内力公式):

$$F_{\text{内}} = \frac{m_A}{m_A + m_B} F \quad (F_{\text{内}} \text{指 AB 间的拉力作用, 该结论与有无摩擦无关, 平面、斜面、竖直都一样})$$



训练 28. (多选)如图所示, 置于光滑水平面上的木块 A 和 B, 其质量为 m_A 和 m_B 。当水平力 F 作用于 A 左端上时, 两物体一起作加速运动, 其 A、B 间相互作用力大小为 N_1 ; 当水平力 F 作用于 B 右端上时, 两物体一起做加速度运动, 其 A、B 间相互作用力大小为 N_2 。则以下判断中正确的是()

A. 两次物体运动的加速度大小相等

B. $N_1 + N_2 < F$

C. $N_1 + N_2 = F$

D. $N_1 : N_2 = m_B : m_A$



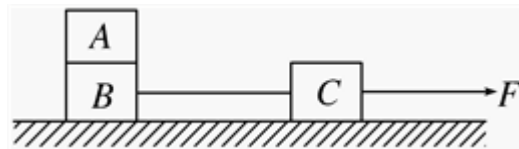
训练 29. (多选)如图所示, 粗糙的水平地面上有三块材料完全相同的木块 A、B、C, 质量均为 m , B、C 之间用轻质细绳连接. 现用一水平恒力 F 作用在 C 上, 三者开始一起做匀加速运动, 运动过程中把一块橡皮泥粘在某一块上面, 系统仍加速运动, 且始终没有相对滑动. 则在粘上橡皮泥并达到稳定后, 下列说法正确的是()

A. 无论粘在哪个木块上面, 系统加速度都将减小

B. 若粘在 A 木块上面, 绳的拉力减小, A、B 间摩擦力不变

C. 若粘在 B 木块上面, 绳的拉力增大, A、B 间摩擦力增大

D. 若粘在 C 木块上面, 绳的拉力和 A、B 间摩擦力都减小

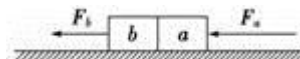


★训练 30.所示, 两块粘连(就是用胶水粘住啦)在一起的物块 a 和 b 的质量分别为 m_a 和 m_b , 把它放在水平的光滑桌面上. 现同时给它们施加方向如图所示的推力 F_a 和拉力 F_b . 已知 $F_a > F_b$, 则 a 对 b 的作用力()

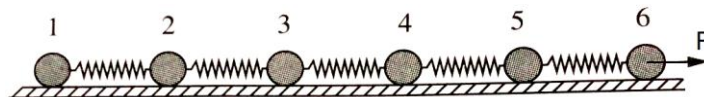
A. 必为推力

B. 必为拉力

C. 可能为推力, 也可能为拉力 D. 不可能为零

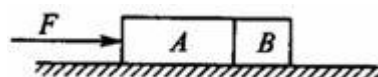


★训练 31. 如图所示, 6 个质量均为 m 的小球通过完全相同的轻质弹簧 (在弹性限度内) 相连, 置于光滑水平面上, 其中最右边第 6 个小球受到恒力 F 的作用, 6 个球一起沿水平面以相同的加速度 a 向右做匀加速运动, 则下列结论正确的是()



- A. 从左到右每根弹簧的长度之比为 $1:2:3:4:5$
- B. F 撤去的瞬间 6 个小球的加速度大小相同
- C. 球 1 脱落的瞬间, 小球 2 的加速度变为 $2a$
- D. 球 6 与弹簧脱落的瞬间, 1、2、3、4、5 球的加速度仍为 a

★训练 32. (多) 如图所示, 水平地面上有两块完全相同的木块 AB, 水平推力 F 作用在 A 上, 用 F_{AB} 代表 A、B 间的相互作用力, 下列说法可能正确的是()



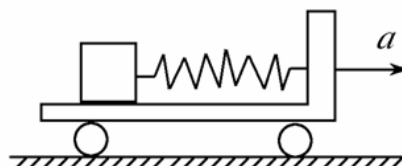
- A. 若地面是完全光滑的, 则 $F_{AB}=F$
- B. 若地面是完全光滑的, 则 $F_{AB}=F/2$
- C. 若地面是有摩擦的, 且 A、B 未被推动, 可能 $F_{AB}=F/3$
- D. 若地面是有摩擦的, 且 A、B 被推动, 则 $F_{AB}=F/2$

★训练 33. 如图所示, A、B 两物体紧靠着放在粗糙水平面上, A、B 间接触面光滑. 在水平推力 F 作用下两物体一起加速运动, 物体 A 恰好不离开地面, 则关于 A、B 两物体的受力个数, 下列说法正确的是()



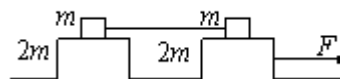
- A. A 受 3 个力, B 受 4 个力
- B. A 受 4 个力, B 受 3 个力
- C. A 受 3 个力, B 受 3 个力
- D. A 受 4 个力, B 受 4 个力

★训练 34. (多) 如图所示, 质量为 10 kg 的物体拴在一个被水平拉伸的轻质弹簧一端, 弹簧的拉力为 5 N 时, 物体处于静止状态. 若小车以 1 m/s^2 的加速度水平向右运动, 则($g=10\text{ m/s}^2$)()



- A. 物体相对小车仍然静止
- B. 物体受到的摩擦力增大
- C. 物体受到的摩擦力大小不变
- D. 物体受到的弹簧拉力增大

★训练 35. 如图所示, 光滑水平面上放置质量分别为 m 和 $2m$ 的四个木块, 其中两个质量为 m 的木块间用一不可伸长的轻绳相连, 木块间的最大静摩擦力是 μmg . 现用水平拉力 F 拉其中一个质量为 $2m$ 的木块, 使四个木块以同一加速度运动, 则轻绳对 m 的最大拉力为()



- A. $\frac{3}{5}\mu mg$
- B. $\frac{3}{4}\mu mg$
- C. $\frac{3}{2}\mu mg$
- D. $3\mu mg$

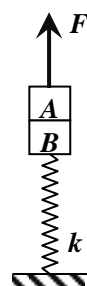
★★训练 36. 一长轻质木板置于光滑水平地面上, 木板上放质量分别为 $m_A=1\text{ kg}$ 和 $m_B=2\text{ kg}$ 的 A、B 两物块, A、B 与木板之间的动摩擦因素都为 $\mu=0.2$, 水平恒力 F 作用在 A 物块上, 如图所示 (重力加速度 g 取 10 m/s^2)。则()



- A. 若 $F=1\text{ N}$, 则物块、木板都静止不动
- B. 若 $F=1.5\text{ N}$, 则 A 物块所受摩擦力大小为 1.5 N
- C. 若 $F=4\text{ N}$, 则 B 物块所受摩擦力大小为 4 N
- D. 若 $F=8\text{ N}$, 则 B 物块的加速度为 1 m/s^2

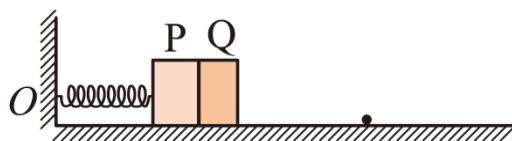
★9、接触物分离条件：两者加速度，速度相同，两者间的作用力为 0.

训练 37. 如图所示，质量均为 $m=0.5\text{kg}$ 的木块 A、B 叠放在一起，轻弹簧的劲度为 $k=100\text{N/m}$ ，上、下两端分别和 B 与水平面相连。原来系统处于静止。现用竖直向上的拉力 F 拉 A，使它以 $a=2.0\text{m/s}^2$ 的加速度向上做匀加速运动。求经过多长时间 A 与 B 恰好分离？



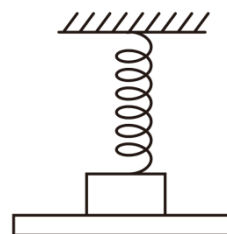
训练 38. (多选) 如图所示，一弹簧一端系在 O 点，另一端连一质量为 $2m$ 的小物体 P，开始物体静止在 A 点，弹簧处于原长。另一质量为 m 的小物体 Q 紧靠着 P，将弹簧压缩到 B 点，此时弹簧的弹力为 F ，然后释放两物体，两物体开始运动。已知两物体与水平地面的动摩擦因数相等且不变，下列说法正确的是()

- A. 刚释放瞬间 P、Q 间的作用力为 F
- B. 刚释放瞬间 P、Q 间的作用力为 $\frac{F}{3}$
- C. 在 AB 之间某个位置 (不包含 A 点)，P、Q 开始分离
- D. 在从 B 向 A 运动的过程中，物体 Q 的速度先增大后减小



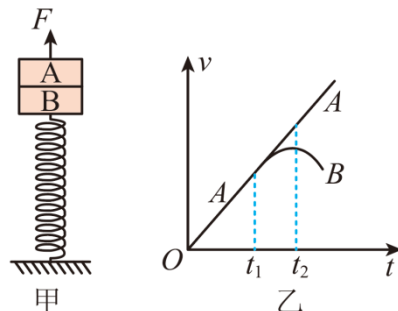
★训练 39. 一根劲度系数为 k 的轻弹簧，上端固定，下端系一质量为 m 的物块。用一水平木板将物块托住，使弹簧处于原长状态，如图所示。现让木板由静止开始向下匀加速运动，加速度大小 $a = \frac{g}{2}$ ，忽略一切阻力。下列说法正确的是()

- A. 物块下落的整个过程中，物块、弹簧和地球组成的系统机械能守恒
- B. 当弹簧的伸长量 $x = \frac{mg}{k}$ 时，物块与木板分离
- C. 物块下落到最低点时的加速度大小为 g
- D. 下落过程中物块的最大速度 $v_m = \frac{g}{2k} \sqrt{3mk}$



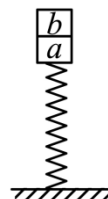
训练 40. 如图甲所示，一轻质弹簧的下端固定在水平面上，上端叠放两个质量分别为 $2m$ 和 m 的物体 A 和 B (B 物体与弹簧连接)，弹簧的劲度系数为 k ，初始时物体处于静止状态。现用竖直向上的拉力 F 作用在物体 A 上，使物体 A 开始向上做加速度为 a 的匀加速直线运动，测得两个物体的 $v-t$ 图象如图乙所示 (重力加速度为 g)，则()

- A. 施加外力前，弹簧的形变量为 $\frac{2mg}{k}$
- B. 外力施加的瞬间，A、B 间的弹力大小为 $m(g-a)$
- C. A、B 在 t_1 时刻分离，此时弹簧弹力大小为 $m(g+a)$
- D. 从开始运动到 A、B 分离经历的时间为 $\sqrt{\frac{m(2g-a)}{ka}}$



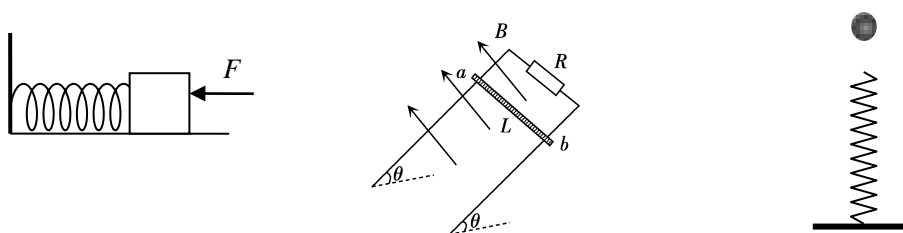
★★训练 41. 如图所示，一竖直轻弹簧静止上在水平面上，其上端位于 O 点，重力均为 G 的 a 、 b 两物体叠放在轻弹簧上并处于静止状态。现用一恒力 F 竖直向上拉 b ，将 a 、 b 视为质点，则下列说法正确的是()

- A. 若 $F=G$ ，则 a 、 b 恰好在 O 点分离
- B. 若 $F=2G$ ，则 a 、 b 恰好在图示的初始位置分离
- C. 若 $F=\frac{G}{2}$ ，则 a 、 b 在 O 点正下方某一位置分离
- D. 若 $F=\frac{G}{4}$ ，则 a 、 b 在 O 点正上方某一位置分离



10、最大速度条件：合外力为零时

1) 下列各模型中，速度最大时合力为零，速度为零时，加速度最大



2) 水平面上机车启动过程中的最大速度 $v_{\max}=P/f$

11、绳连接系统做匀变速运动的牛顿第二定律：沿绳方向的合力 $=m_{\text{总}}a$

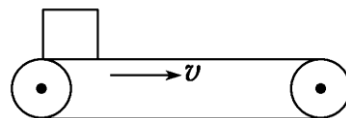
12、对于滑块由静止放到水平匀速传动的传送带上的问题：

(1) 滑块加速至与传送带共速过程的位移等于滑块与传送带相对滑动的距离；

(2) 对于水平传送带，滑块加速过程中传送带对其做的功等于这一过程由摩擦产生的热量，因此传送装置在这一过程需额外(相对空载)做的功 $W=E_k+Q=2E_k=2Q$ 或者 $W=fx_{\text{传}}=2fx_{\text{物}}=2E_k=2Q$

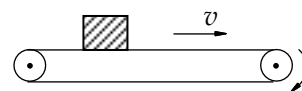
训练 42. 如图所示，质量为 m 的物体在水平传送带上由静止释放，传送带由电动机带动，始终保持以速度 v 匀速运动，物体与传送带间的动摩擦因数为 μ ，物体在滑下传送带之前能保持与传送带相对静止，对于物体从静止释放到与传送带相对静止这一过程，下列说法中正确的是()

- A. 电动机多做的功为 $\frac{1}{2}mv^2$
- B. 物体在传送带上的划痕长 $\frac{v^2}{\mu g}$
- C. 传送带克服摩擦力做的功为 $\frac{1}{2}mv^2$
- D. 电动机增加的功率为 μmgv

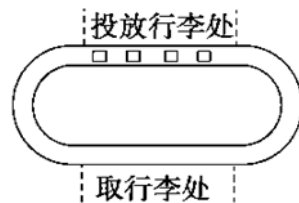


训练 43. 一条足够长的浅色水平传送带自左向右匀速运行。现将一块木炭无初速度地放在传送带的最左端，木炭在传送带上将会留下一段黑色的痕迹。下列说法正确的是()

- A. 黑色的痕迹将出现在木炭的左侧
- B. 木炭的质量越大，痕迹的长度越短
- C. 传送带运动的速度越大，痕迹的长度越长
- D. 木炭与传送带间动摩擦因数越大，电动机额外所做的功越多



训练 44. 飞机场运送行李的装置为一水平放置的环形传送带，传送带的总质量为 M ，其俯视图如图所示。现开启电动机，传送带达到稳定运行的速度 v 后，将行李依次轻轻放到传送带上。若有 n 件质量均为 m 的行李需通过传送带运送旅客。假设在转弯处行李与传送带无相对滑动，忽略皮带轮、电动机损失的能量。求从电动机开启，到运送完行李需要消耗的电能为多少？



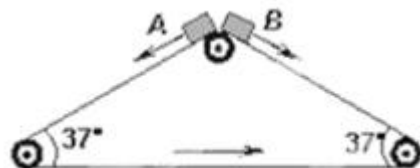
★训练 45.(多) 三角形传送带以 1m/s 的速度逆时针匀速转动，两边的传送带长都是 2m 且与水平方向的夹角均为 37° 。

现有两个小物块 A 、 B 从传送带顶端都以 1m/s 的初速度沿传送带下滑，

物块与传送带间的动摩擦因数都是 0.5 ，(g 取 10m/s^2 ， $\sin 37^\circ = 0.6$ ，

$\cos 37^\circ = 0.8$) 下列说法正确的是()

- A. 物块 A 先到达传送带底端
- B. 物块 A 、 B 同时到达传送带底端
- C. 物块 A 、 B 到达传送带底端时速度大小相等
- D. 物块 A 、 B 在传送带上的划痕长度之比为 $1:3$



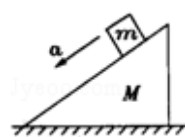
★13、系统的牛顿第二定律 (整体法——求系统外力)

$$\Sigma F_x = m_1 a_{1x} + m_2 a_{2x} + m_3 a_{3x}$$

$$\Sigma F_y = m_1 a_{1y} + m_2 a_{2y} + m_3 a_{3y}$$

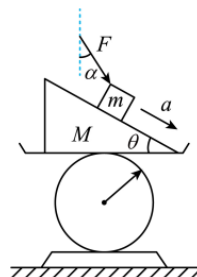
训练 46. 如图所示，质量为 M 的光滑斜面体上有一质量为 m 的木块沿斜面匀加速下滑，斜面体静止不动，则斜面体对地面的压力应()

- A. 等于 $(M+m)g$
- B. 大于 $(M+m)g$
- C. 小于 $(M+m)g$
- D. 无法确定



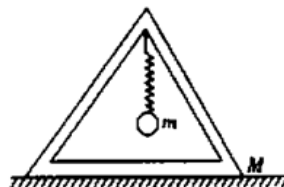
训练 47. 如图所示，台秤上有一质量为 M ，倾角为 θ 的粗糙斜面体，现将一质量为 m 的滑块放上斜面体同时施加一与竖直方向成 α 向下的恒力 F ，使物块沿斜面向下加速，则台秤的示数为()

- A. $(M+m)g$
- B. $(M+m)g + F \cos \alpha - ma \sin \theta$
- C. $(M+m)g + F \cos \alpha - ma \cos \theta$
- D. $(M+m)g + F \sin \alpha - ma \cos \theta$

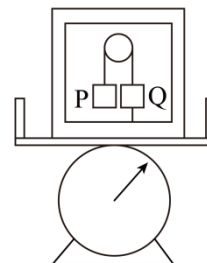


训练 48. 如图所示，质量为 M 的框架放在水平地面上，一轻质弹簧上端固定在框架上，下端固定一个质量为 m 的小球，小球上下振动时，框架始终没有跳起，当小球运动到最低点加速度为 a 时，框架对地面的压力为()

- A. $Mg + ma$
- B. $Mg - ma$
- C. $(M+m)g + ma$
- D. $(M+m)g - ma$



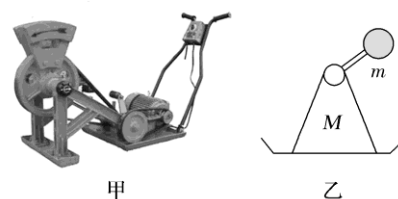
训练 49. 如图所示, 台秤上放一个木箱, 木箱内有质量分别为 m_1 和 m_2 的两物体 P 、 Q , 用细绳通过光滑定滑轮相连, $m_1 > m_2$ 。现剪断 Q 下端的细绳, 在 P 下落但还没有到达箱底的过程中, 台秤的示数与未剪断前的示数相比将()



- A. 变小
- B. 变大
- C. 先变小后变大
- D. 先变大后变小

训练 50. (多选) 如甲所示为建筑行业使用的一种小型打夯机, 其原理可简化为一个质量为 M 的支架(含电动机)上由一根长为 l 的轻杆带动一个质量为 m 的铁球(铁球可视为质点)在竖直平面内转动, 如图乙所示, 重力加速度为 g 。若在某次打夯过程中, 铁球以角速度 ω 匀速转动, 则()

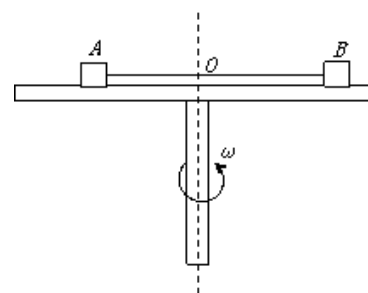
- A. 铁球转动过程中机械能守恒
- B. 铁球做圆周运动的向心加速度始终不变
- C. 铁球转动到最低点时, 处于超重状态



- D. 若铁球转动到最高点时, 支架对地面的压力刚好为零, 则 $\omega = \sqrt{\frac{(M+m)g}{ml}}$

训练 51. 如图所示, 水平转盘可绕竖直中心轴转动, 盘上放着质量均为 1kg 的 A 、 B 两个物块, 物块之间用长为 1m 的细线相连, 细线刚好伸直且通过转轴中心 O , A 物块与 O 点的距离为 0.4m , 物块可视为质点。 A 、 B 与转盘间的动摩擦因数均为 0.1 , 且可认为最大静摩擦力等于滑动摩擦力。 g 取 10m/s^2 。

- (1) 当转盘以 $\omega_1 = 1\text{rad/s}$ 的角速度匀速转动时, A 、 B 受到的摩擦力分别是多大?
- (2) 当转盘至少以多大的角速度匀速转动时, 细线上出现拉力?
- (3) 当转盘至少以多大的角速度匀速转动时, A 不受到摩擦力?
- (4) 当转盘至少以多大的角速度匀速转动时, A 、 B 两个物块均会在转盘上滑动?
- ★★ (5) 若使 A 、 B 带等量正电荷, 处于竖直向下的磁场中, 试分析 A 、 B 两个物块均会在转盘上滑动时的角速度比 (4) 中的大还是小?



四、曲线运动

1. 小船过河

(1) 当船速大于水速时

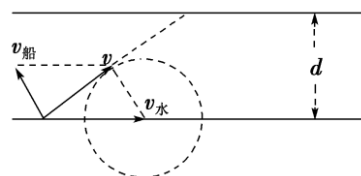
① 船头的方向垂直于水流的方向则小船过河所用时间最短, $t = \frac{d}{v_{\text{船}}}$.

② 合速度垂直于河岸时, 航程 x 最短, $x = d$.

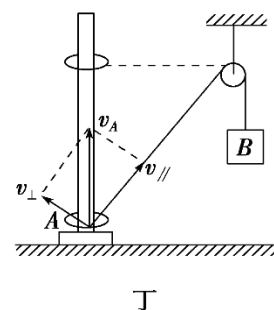
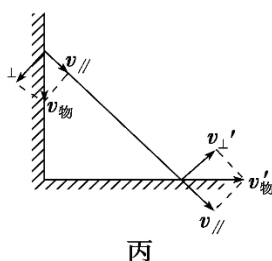
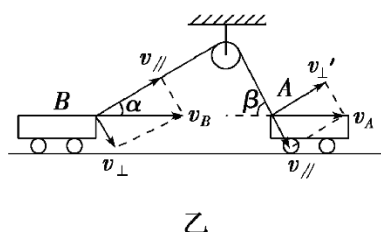
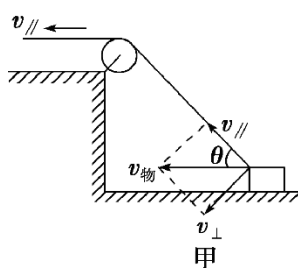
(2) 当船速小于水速时

① 船头的方向垂直于水流的方向时, 所用时间最短, $t = \frac{d}{v_{\text{船}}}$.

② 合速度不可能垂直于河岸, 最短航程 $x = d \times \frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}}$.



2、绳（杆）速度关联体的速度分解：物体的实际速度是合速度，若此速度不沿绳（杆），则分解为沿绳（杆）的分速度和垂直绳（杆）的分速度，两物体沿绳（杆）方向的分速度大小相等。



3、直接接触关联：两刚性物体直接接触，则两物体沿垂直接触面方向的分速度相等。

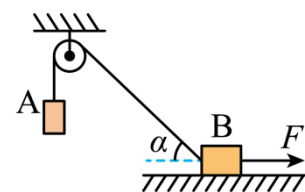
训练 52. 如图, 在水平力 F 作用下, 物体 B 沿水平面向右运动, 物体 A 恰匀速上升, 以下说法正确的是()

A. 物体 B 正向右做匀减速运动

B. 物体 B 正向右做加速运动

C. 地面对 B 的摩擦力减小

D. 右侧绳与水平方向成 30° 角时, $v_A : v_B = \sqrt{3} : 2$



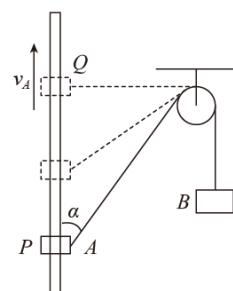
训练 53. 如图所示, 套在竖直固定的细杆上的环 A 由跨过定滑轮且不可伸长的轻绳与 B 相连, 环 A 从 P 由静止释放, 此时绳与竖直杆间的夹角为 α , 沿杆上升经过 Q 点, 经过 Q 点时 A 与定滑轮的连线处于水平方向, A 的速度为 v_A (不等于零)。(不计一切摩擦阻力) 则下列说法正确的是()

A. 当 A 经过 Q 点时, B 的速度等于 v_A

B. 当 A 经过 Q 点时, B 的速度方向向下

C. 当 A 从 P 至 Q 的过程中, B 的速度先增后减少

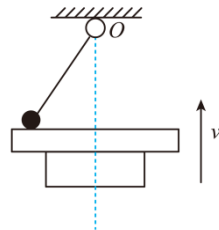
D. 当 A 从 P 至 Q 的过程中, 绳的拉力始终大于 B 的重力



训练 54. 如图, 长为 L 的轻直棒一端可绕固定轴 O 在竖直面内转动, 另一端固定一质量为 m 的小球, 小球搁在光滑水平升降台上, 升降平台一速度 v 匀速上升。下列说法正确的是()

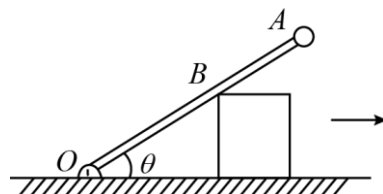
- A. 小球做匀速圆周运动
B. 棒的角速度逐渐增大

- C. 当棒与竖直方向的夹角为 α 时, 小球的速度为 $\frac{v}{\sin \alpha}$
D. 当棒与竖直方向的夹角为 α 时, 棒的角速度为 $\frac{v}{L \cos \alpha}$



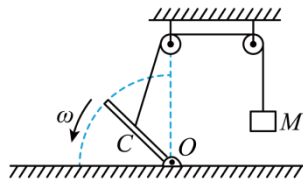
★训练 55. 如图所示, 一根长为 L 的轻杆 OA , O 端用铰链固定, 另一端固定着一个小球 A , 轻杆靠在一个高为 h 的物块上。则当物块以速度 v 向右运动至杆与水平方向夹角为 θ 时, 小球 A 的线速度大小为()

- A. $\frac{vL \sin^2 \theta}{h}$ B. $\frac{2v \sin \theta}{h}$ C. $\frac{vL \cos^2 \theta}{h}$ D. $\frac{v \cos \theta}{h}$



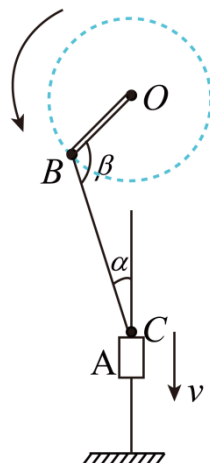
★训练 56. (多) 如图所示, 将一根长杆的一端通过铰链固定在某定滑轮正下方的 O 点处, 在长杆的中点 C 处拴一细绳, 绳绕过两个定滑轮后挂上重物 M , 向逆时针方向转动长杆可以提起重物 M 。已知长杆的长度为 L , 在长杆由竖直位置以角速度 ω 缓慢转至水平位置的过程中 (转过 90° 角), 下列说法正确的是()

- A. 重物 M 将匀速上升
B. 绳对重物 M 的拉力一定大于重物的重力
C. 重物 M 的最大速度是 $\frac{\omega L}{2}$
D. 重物 M 先处于超重状态后处于失重状态



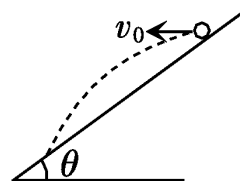
★★训练 57. (多) 自 1860 年出现第一个以蒸汽推动的旋转木马后, 如今在各个大小游乐场等地方皆有各式旋转木马, 深受游客喜爱。木马上下运动的原理可以简化为如图所示的联动装置, 连杆 OB 、 BC 可绕图中 O 、 B 、 C 三处的转轴转动, 通过连杆 OB 在竖直面内的圆周运动, 可以使与连杆 BC 连着的滑块 A (木马) 沿固定的竖直杆上下滑动。已知 OB 杆长为 L , 绕 O 点沿逆时针方向匀速转动的角速度为 ω , 当连杆 BC 与竖直方向夹角为 α 时, BC 杆与 OB 杆的夹角为 β ($\beta > \frac{\pi}{2}$), 下列说法正确的是()

- A. 当杆长不变时, OB 距离越大, A 的运动的范围越大
B. 此时滑块 A 在竖直方向的速度大小为 $\frac{\omega L \sin \beta}{\cos \alpha}$
C. 当 $\alpha = 0$ 时, 滑块 A 的加速度为零
D. 当 $\beta = \frac{\pi}{2}$ 时, 滑块 A 的速度最大



4、平抛物体的推论

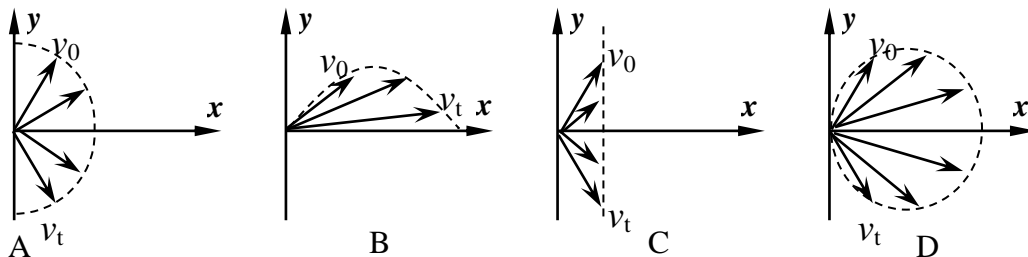
- (1) 运动时间: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 即平抛物体在空中的飞行时间仅取决于下落的高度, 与初速度 v_0 无关;
- (2) 平抛运动末速度的反向延长线与 x 轴的交点为水平位移的中点。速度偏角与位移偏角的关系: $\tan \alpha = 2 \tan \theta$ 。
- (3) 平抛物体的运动中, 任意两个时刻的速度变化量 $\Delta v = g \Delta t$, 方向恒为竖直向下, 且 v_0 、 v_t 、 Δv 三个速度矢量构成的三角形一定是直角三角形。
- (4) 在任意相等时间内, 重力的冲量相等 $I_G = mg \Delta t = m \Delta v = m \sqrt{v^2 - v_0^2} = m v_y$
- (5) 重力的瞬时功率 $P = mg v_y$ 、重力的平均功率 $\bar{P} = mg \frac{v_y}{2}$



5. 从斜面上平抛再落回斜面的问题

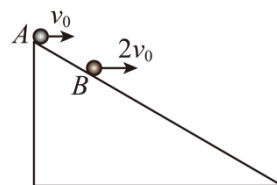
- 1) 落到斜面上时, 速度的方向与水平方向的夹角 α 恒定, 且 $\tan \alpha = 2 \tan \theta$, 与初速度无关;
- 2) 落到斜面上的时间 $t = \frac{2v_0 \tan \theta}{g}$, 所以时间之比即初速度之比, 因此位移之比即初速度平方之比。
- 3) 经过 $t_c = \frac{v_0 \tan \theta}{g}$ 小球距斜面最远, 最大距离 $d = \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2g \cos \theta}$ 。

训练 58. 某人站在地面上抛出一小球, 球离手时的速度为 v_0 , 落地时的速度为 v_t 。忽略空气阻力, 下图中能正确描述速度矢量变化过程的是()



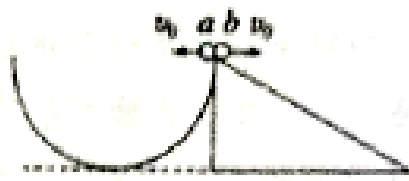
训练 59. (多选) 如图所示, 甲、乙两个小球同时从同一固定的足够长斜面的 A、B 两点分别以 v_0 、 $2v_0$ 水平抛出, 分别落在斜面的 C、D 两点 (图中未画出), 不计空气阻力, 下列说法正确的是()

- A. 甲、乙两球做平抛运动的时间之比为 1:4
- B. 甲、乙两球接触斜面前的瞬间, 速度的方向相同
- C. 甲、乙两球接触斜面前的瞬间, 速度大小之比为 $1:\sqrt{2}$
- D. A、C 两点间的距离与 B、D 两点间的距离之比为 1:4



★训练 60. (多选) 如图所示, a、b 两小球分别从半圆轨道顶端和斜面顶端以大小相等的初速度 v_0 同时水平抛出, 已知半圆轨道的半径与斜面竖直高度相等且在同一经直面内, 斜面底边长是其竖直高度的 2 倍, 若小球 b 能落到斜面上, 下列说法正确的是 (温馨提示: 不知道大家记不记得平抛运动中, 速度偏角的正切值一定是位移偏角正切值得两倍, 然后速度的反向延长线.....) ()

- A. a、b 不可能同时分别落在半圆轨道和斜面上
- B. a 球一定后落在半圆轨道上
- C. a 球落在半圆轨道上时速度不可能垂直轨道
- D. b 球落在斜面上时的速度一定为 $\sqrt{2}v_0$



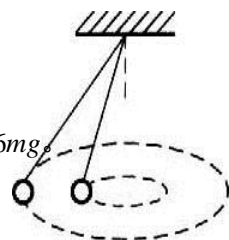
6、水平面内圆周运动圆锥摆： $\omega = \sqrt{\frac{g}{h}}$ ，与摆长无关，只取决于悬点到圆心的高度差 h 。

7、竖直平面内圆周运动：

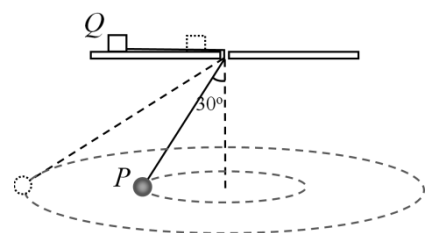
1) “绳、单轨”类：最高点最小速度 \sqrt{gR} ，最低点最小速度 $\sqrt{5gR}$ ；最高点与最低点的拉力差 $6mg$ ；

2) “杆”：最高点最小速度 0，最低点最小速度 $\sqrt{4gR}$ ；

当在最高点 $v > \sqrt{gR}$ 时，杆拉物体；当 $v < \sqrt{gR}$ 时杆支持物体。



★训练 61. (多选) (2019 四川省高考模拟) 如图所示，金属块 Q 放在带有光滑小孔的水平桌面上，一根穿过小孔的轻绳，上端与 Q 相连，下端拴着一个小球 P 。小球 P 在水平面内做匀速圆周运动(圆锥摆)，轻绳与竖直方向的夹角为 30° ；现使小球 P 在原水平面内做半径更大的匀速圆周运动，且轻绳与竖直方向的夹角为 60° ，金属块 Q 更靠近小孔。两种情况下 Q 都静止，则后一种情况与原来相比较()



- A. 小球 P 的线速度更大
B. 小球 P 运动的周期更大
C. 小球 P 的向心力大小之比为 3:1
D. 金属块 Q 所受摩擦力大小之比为 3:1

训练 62. (多选) 如图所示，在光滑的圆锥漏斗的内壁，两个质量相同的小球 A 和 B 分别紧贴着漏斗在水平面内做匀速圆周运动，其中小球 A 在小球 B 的上方。下列判断正确的是()



- A. A 球的速率大于 B 球的速率
B. A 球的角速度大于 B 球的角速度
C. A 球对漏斗壁的压力大于 B 球对漏斗壁的压力
D. A 球的转动周期大于 B 球的转动周期

五、万有引力

1、均匀球壳对其内物体引力为零，对其外物体引力相当于将质量集中于球心

2、开普勒面积定律的推论：近地点速度大而远地点速度小。两处的速度与到地心的距离成反比： $v_1 r_1 = v_2 r_2$ 。

3、不考虑自转 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$ ，即黄金代换式 $GM = gR^2$ ，故天体密度 $\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3g}{4\pi GR}$ ，需测出 g 及 R 两个物体量。

4、环绕模型：通过观察卫星绕天体做匀速圆周运动的周期 T ，轨道半径 r ，则 $G \frac{Mm}{r^2} = F_{\text{向}}$

(1) 随着运行的轨道半径的逐渐增大，向心加速度、线速度、角速度、动能 E 将逐渐减小，周期将逐渐增大。简记为：越高越慢（或高轨低速长周期）。

(2) 若天体的卫星在天体表面附近环绕天体运动，则天体密度 $\rho = \frac{3\pi}{GT^2}$ 。只需测出卫星环绕天体表面运动的周期 T 。

5、考虑自转

(1) 在赤道：万有引力、重力、向心力均指向地心则有 $G\frac{Mm}{R^2} = mg_1 + m\omega^2 R$

(2) 在两极：向心力为 0、重力等于万有引力即 $G\frac{Mm}{R^2} = mg_2$

6、第一宇宙速度： $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ 将 $GM = gR^2$ 代入得 $v = \sqrt{gR} \approx 7.9 \text{ km/s}$;

既是最大的圆轨道环绕速度、也是最小的发射速度。

7、赤道物体 A、近地卫星 B、同步卫星 C 的运动参量关系

赤道物体与近地卫星不可直接比较，要以同步卫星为中介物来比较：

赤道物体与近地卫星的比较用越高越慢来分析，

而赤道物体与同步卫星的比较用 $v = \omega r$, $a = \omega^2 r$ 来比较，结论： $T_B < T_A = T_C$ $v_B > v_C > v_A$ $a_B > a_C > a_A$

8、卫星的追及和相遇问题：用角追及的观点思考——从相距最近时开始，当相对角速度乘以时间等于 $2n\pi$ 时，再次相距最近；从相距最近时开始，当相对角速度乘以时间等于 $(2n+1)\pi$ 时，相距最远；

★9、卫星变轨

1) 速度关系

①相切轨迹外侧轨道在切点的速度较大

② $v_{2Q} > v_{1Q} > v_{3P} > v_{2P}$ ，即最快的点在椭圆上，最慢的点也在椭圆上

2) 加速度关系： $a_{2Q} = a_{1Q} > a_{3P} = a_{2P}$

3) 卫星从 1 到 2 到 3 轨道，机械能一直增加，但 3 轨道动能小于 1 轨道动能

4) 若 1 轨道的半径为 R_1 ，3 轨道的半径为 R_2 ，且轨道 1 的周期为 T_1 ，则根据开普勒定律知 $\frac{R_1^3}{T_1^2} = \frac{(\frac{R_1+R_2}{2})^3}{T_2^2}$ ，则卫星从 Q 到 P 所用的时间为 $T_2/2$

10、卫星的在轨运行能量：

①引力势能： $E_p = -\frac{GMm}{r}$ ，圆轨道卫星动能 $E_k = \frac{GMm}{2r}$ ，卫星机械能 $E = -\frac{GMm}{2r}$

②同一卫星在半长轴为 $a=R$ 的椭圆轨道上运动的机械能，等于半径为 R 圆周轨道上的机械能。

③卫星由近地点到远地点，万有引力做负功。

11、几个常用数据

三个宇宙速度 $v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{\frac{GM}{R}} = 7.9 \text{ km/s}$, $v_2 = 11.2 \text{ km/s}$, $v_3 = 16.7 \text{ km/s}$

地球近地卫星： $r = R = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$, $v = 7.9 \text{ km/s}$, $T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}} = 84.6 \text{ 分钟}$

同步卫星： $T = 24 \text{ 小时}$, $h = 5.6R = 36\,000 \text{ km}$, $v = 3.1 \text{ km/s}$

月地距离 ≈ 60 倍地球半径 \approx 月地距离 38 万 km

月表重力加速度 \approx 地表重力加速度的 1/6

月球的向心加速度 \approx 地表重力加速度的 $1/3600 \approx 0.0027 \text{ m/s}^2$

月球公转线速度 1.023 km/s

地球密度 $5.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

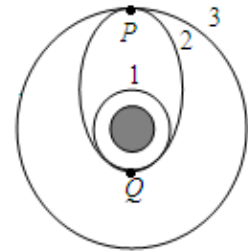
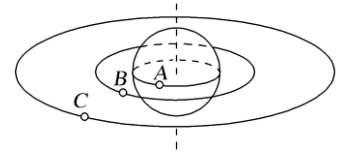
地球质量 $6 \times 10^{24} \text{ kg}$

太阳密度 $1.4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

太阳质量 $2 \times 10^{30} \text{ kg}$

日地距离 光程 $8 \text{ min } 18 \text{ s} \approx 14960 \text{ 万 km}$

哈雷彗星回归周期 76 年



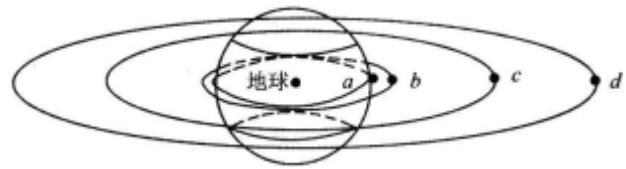
13、双星问题的两个结论

(1)运动半径: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{r_2}{r_1}$, 即某恒星的运动半径与其质量成反比。

(2)质量之和: 两恒星的质量之和 $m_1 + m_2 = \frac{4\pi^2 L^3}{GT^2}$, 即双星周期只取决于双星质量和及双星距离, 与单独某星的质量无关。

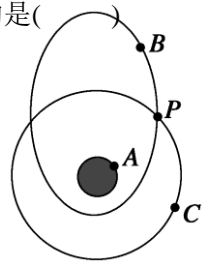
训练 63. 有 a、b、c、d 四颗地球卫星, a 还未发射, 在赤道表面上随地球一起转动, b 是近地轨道卫星, c 是地球同步卫星, d 是高空探测卫星, 它们均做匀速圆周运动, 各卫星排列位置如图所示, 则()

- A. a 的加速度等于重力加速度 g
- B. b 绕地球一周的时间可能是一个小时
- C. c 在的加速度比 a 小
- D. 在相同时间内 d 与地心的连线扫过的面积最大



★训练 64. (多选) 如图所示, A 为静止于地球赤道上的物体, B 为绕地球椭圆轨道运行的卫星, C 为绕地球做圆周运动的卫星, P 为 B、C 两卫星轨道的交点. 已知 A、B、C 绕地心运动的周期相同. 下列说法正确的是()

- A. 椭圆轨道的半长轴等于圆轨道的半径
- B. 相对于地心, 卫星 C 的运行速率大于物体 A 的速率
- C. 卫星 B 在 P 点的运行加速度等于卫星 C 在该点的运行加速度
- D. 卫星 B 近地点的速度大于卫星 C 在的运行速度



训练 65. 2016 年 2 月 11 日, 美国科学家宣布探测到了引力波, 证实了爱因斯坦的预测, 弥补了爱因斯坦广义相对论中缺失的最后一块“拼图”。双星的运动是引力波的来源之一, 假设宇宙中有一双星系统由 a、b 两颗星体组成, 这两颗星体绕它们连线中的某一点在万有引力作用做匀速圆周运动, 测得 a 的周期为 T, a、b 两颗星体的距离为 l, a、b 两颗星体的轨道半径之差为 Δr (a 星的轨道半径大于 b 星的), 则()

- A. b 星的周期为 $\frac{l - \Delta r}{l + \Delta r} T$
- B. a 星的线速度大小为 $\frac{\pi(l + \Delta r)}{T}$
- C. a、b 两颗星体的轨道半径之比为 $\frac{l}{l - \Delta r}$
- D. a、b 两颗星体的质量之比为 $\frac{l - \Delta r}{l + \Delta r}$

训练 66. 某国际研究小组借助于甚大望远镜观测到了如图所示的一组“双星系统”, 双星绕两者连线上的某点 O 做匀速圆周运动, 此双星系统中体积较小的成员能“吸食”另一颗体积较大的星体表面物质, 达到质量转移的目的。假设两星体密度相当, 在演变的过程中两者球心之间的距离保持不变, 则在最初演变的过程中, 下列说法错误的是()

- A. 它们做圆周运动的万有引力逐渐增大
- B. 它们做圆周运动的角速度保持不变
- C. 体积较大星体做圆周运动轨迹半径变大, 线速度也变大
- D. 体积较大星体做圆周运动轨迹半径变小, 线速度变大



训练 67. 2019 年 4 月 10 日，天文学家召开全球新闻发布会，宣布首次直接拍摄到黑洞的照片如图所示。黑洞是一种密度极大、引力极大的天体，以至于光都无法逃逸（光速为 c ）。已知引力常量为 G 。

(1) 如果天文学家观测到一天体以速度 v 绕某黑洞做半径为 r 的匀速圆周运动，求黑洞的质量 M ；

(2) 若黑洞的质量为 M ，半径为 R ，其逃逸速度公式为 $v' = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ 。求该黑洞的最大半径 R_m 。



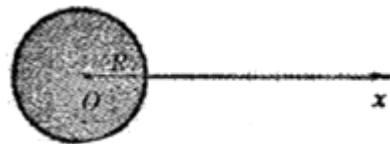
训练 68. 把地球看做一个质量均匀分布的标准球体，已知质量均匀分布的球壳对其内部的物体的万有引力为零，地球半径为 R ，地球表面的重力加速度为 g_0 ，不考虑地球的自转。

(1) 求沿地球半径方向深度为 h 的矿井底部质量为 m 的小物体受到的万有引力大小；

(2) 若用 x 表示空间一点到地心的距离，试根据适当的计算，大致画出沿从无穷远到地球球心的方向上重力加速度 g 随 x 变化的图像。

★训练 69. 理论上已经证明：质量分布均匀的球壳对壳内物体的万有引力为零。现假设地球是一半径为 R 、质量分布均匀的实心球体， O 为球心，以 O 为原点建立坐标轴 Ox ，如图所示，一个质量一定的小物体（假设它能够在地球内部移动）。设在 $x_1 = \frac{1}{2}R$ 与 $x_2 = \frac{3}{2}R$ 处所受到地球对它的万有引力分别为 F_1 和 F_2 ，

求 F_1 、 F_2 的比值



六、能量

1、机车恒加速度启动时，从恒加速度到恒功率转折点的速度： $v_1 = P_{\text{额}} / (f + ma)$

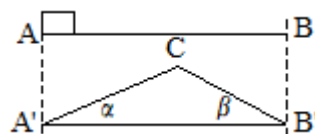
2、物体沿直线运动，不受其他法向力时，动摩擦力做功与“路径无关”：物体在斜面上滑动时滑动摩擦力做功 $W_f = -\mu mgx$ ，与斜面长无关，只取决于斜面底边投影 x 。

训练 70. 例题、一个物体以一定的初速度沿水平面由 A 点滑到 B 点，物体克服摩擦力

做功为 W_1 ；若该物体从 A' 沿两斜面滑到 B'，物体克服摩擦力做的总功为 W_2 ，如图

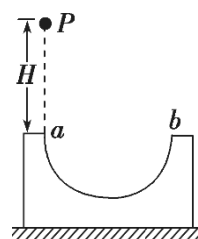
所示，已知物体与各接触面间的动摩擦因数均相同，则()

- A. $W_1 = W_2$ B. $W_1 > W_2$ C. $W_1 < W_2$ D. 无法确定



★训练 71. 如图所示，固定在地面上的半圆轨道直径 ab 水平，质点 P 与半圆轨道的动摩擦因数处处一样，当质点 P 从 a 点正上方高 H 处自由下落，经过轨道后从 b 点冲出竖直上抛，上升的最大高度为 $H/2$ ，空气阻力不计。当质点下落再经过轨道 a 点冲出时，能上升的最大高度 h 为()

- A. 不能从 a 点冲出半圆轨道 B. 能从 a 点冲出半圆轨道，但 $h < H/2$
C. 能从 a 点冲出半圆轨道，但 $h > H/2$ D. 无法确定能否从 a 点冲出半圆轨道



3、若力随位移 x 的变化是线性关系，往往用图象法或平均力法求变力做功

4、热学中外界对气体做功：①等压变化 $W = P\Delta V$ (P ——气体的压强； ΔV ——气体的体积变化)，

② 非等压变化，即 P - V 图线与 V 轴所围的面积

5、克服安培力所做的功数值上等于电路中消耗的电能

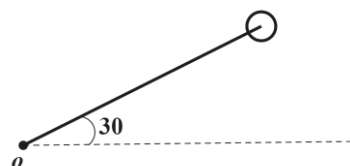
6、除重力和系统内弹簧弹力以外的力其它力做功等于机械能的变化

7、静摩擦力可以做正功、负功、还可以不做功，且相互作用的一对静摩擦力总功代数和一定为零，因此不会摩擦生热；滑动摩擦力可以做正功、负功、还可以不做功，但相互作用的一对滑动摩擦力总功代数和一定为负，且 $W_{\text{总}} = -f_{\text{滑}} x_{\text{相对}}$ ，因此一定会摩擦生热。

8、摩擦生热 $Q = f_{\text{滑}} x_{\text{相对}}$

9、绳连接体，绳子从松弛到突然绷紧，往往伴随能量的损失，对应的径向速度消失

训练 72. 如图所示摆球的质量为 m ，从偏离水平方向 30° 的位置由静止释放，设绳子为理想轻绳，已知绳长为 L ，重力加速度为 g ，求小球运动到最低点 A 时绳子受到的拉力是多少？



七、动量：

★1、碰撞现象满足的规律

(1) 动量守恒： $p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2$

(2) 动能不增： $\frac{p_1^2}{2m_1} + \frac{p_2^2}{2m_2} \geq \frac{p_1'^2}{2m_1} + \frac{p_2'^2}{2m_2}$ 。

(3) 运动合理：碰前两物体同向运动，若要发生碰撞，则应有 $v_{后} > v_{前}$ ，碰后原来在前的物体速度一定增大，若碰后两物体同向运动，则应有 $v'_{前} \geq v'_{后}$ 。

训练 73. (多选)两个小球 A、B 在光滑水平面上相向运动，已知它们的质量分别是 $m_1=4\text{kg}$ ， $m_2=2\text{kg}$ ，A 的速度 $v_1=3\text{ m/s}$ (设为正)，B 的速度 $v_2=-3\text{ m/s}$ ，则它们发生正碰后，其速度可能分别是()

- A. 均为 1 m/s B. -1.5 m/s 和 6 m/s C. $+2\text{ m/s}$ 和 -1 m/s D. -1 m/s 和 5 m/s

训练 74.在光滑水平面上，有两个小球 A、B 沿同一直线同向运动，B 在前，A 在后。已知碰前两球的动量分别为 $p_A=12\text{ kg m/s}$ 、 $p_B=13\text{ kg m/s}$ ，碰撞前后，它们动量的变化分别为 Δp_A 、 Δp_B 。下列数值可能正确的是()

- A. $\Delta p_A=-4\text{ kg m/s}$ 、 $\Delta p_B=4\text{ kg m/s}$ B. $\Delta p_A=4\text{ kg m/s}$ 、 $\Delta p_B=-4\text{ kg m/s}$
C. $\Delta p_A=-24\text{ kg m/s}$ 、 $\Delta p_B=24\text{ kg m/s}$ D. $\Delta p_A=24\text{ kg m/s}$ 、 $\Delta p_B=-24\text{ kg m/s}$

训练 75. (多选)甲乙两球在光滑水平轨道上向同方向运动，已知它们的动量分别是 $P_1=5\text{kg.m/s}$ ， $P_2=7\text{kg.m/s}$ ，甲从后面追上乙并发生碰撞，碰后乙球动量变为 8kg.m/s ，则二球质量 m_1 和 m_2 的关系可能是()

- A. $m_2=2.1\ m_1$ B. $m_2=1.8\ m_1$ C. $m_2=1.7\ m_1$ D. $m_1=1.6\ m_2$

2、弹性碰撞

(1) 碰后速度公式 $v_A = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_2$ $v_B = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_2$

①质量相等的物体发生弹性碰撞，则速度交换

②弹性碰撞动碰静，物体 A 以速度 v_1 碰撞静止的物体 B，则有 3 类典型情况：

A、若 $m_A=m_B$ ，则碰撞后两个物体互换速度： $v_1'=0$ ， $v_2'=v_1$ ；

B、若 $m_A \gg m_B$ ，则碰撞后 A 速度不变，B 速度为 A 速度的两倍： $v_1'=v_1$ ， $v_2'=2v_1$ ，如运动汽车撞上乒乓球

C、若 $m_A \ll m_B$ ，则碰撞后 B 仍然静止，而 A 速度反向，大小不变： $v_2'=0$ ， $v_1'=-v_1$ 。如乒乓球碰墙反弹。

(2) 碰前两物体的“接近速度”等于碰后两物体的“远离速度”，即 $v_1 - v_2 = v_2' - v_1'$

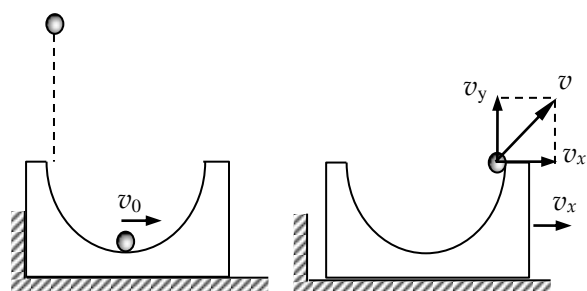
3、完全非弹性碰撞有能量的损失且损失的能量最多

4、弧面小车、车载单摆模型

①系统水平方向动量守恒，竖直方向动量不守恒，系统机械能守恒

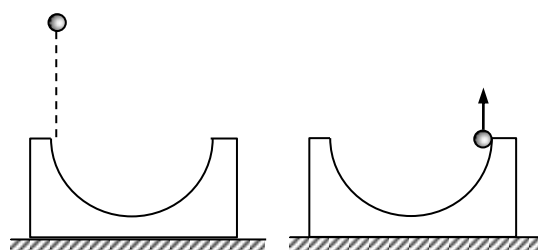
②至最高点时若小球没有离开轨道，则球与车具有相同速度，即车与球速度大小方向都相同

③若弧面轨道最高点的切线在竖直方向，则小球离开轨道时与轨道有相同的水平速度。



左侧有墙壁

- a. 小球落到最低点的过程中机械能守恒，动量不守恒；
b. 离开墙面后弧面一直向右运动，小球从右端斜向上抛出后总能从右端落回弧面。



左侧无墙壁

- a. 弧面做往复运动，平衡位置即为弧面开始静止的位置；
b. 小球总是从弧面两端离开弧面做竖直上抛运动，且又恰从抛出点落回弧面内。

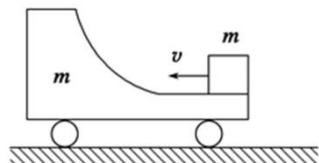
训练 76. (多选)如图所示, 光滑水平面上有大小相同的 A、B 两球在同一直线上运动. A 球质量为 1kg , 两球质量关系为 $m_B=2m_A$, 规定向右为正方向, A、B 两球的动量均为 6 kg m/s , 运动中两球发生碰撞, 碰撞后 A 球的动量增量为 -4 kg m/s , 则()

- A. 该碰撞为弹性碰撞
- B. 该碰撞为非弹性碰撞
- C. 左方是 A 球, 碰撞后 A、B 两球速度大小之比为 $2:5$
- D. 右方是 A 球, 碰撞后 A、B 两球速度大小之比为 $1:10$



训练 77. (多选)如图所示, 带有光滑弧形轨道的小车质量为 m , 放在光滑水平面上, 一质量也为 m 的铁块, 以速度 v 沿轨道水平端向上滑去, 至某一高度后再向下返回, 则下列说法正确的是()

- A. 小车和圆弧轨道动量守恒
- B. 物块上滑的最大高度是 $\frac{v^2}{4g}$
- C. 小球滑回轨道水平段后速度为 0 , 之后会脱离小车自由下落
- D. 小球从滑上轨道到脱离轨道, 对轨道的冲量为 mv

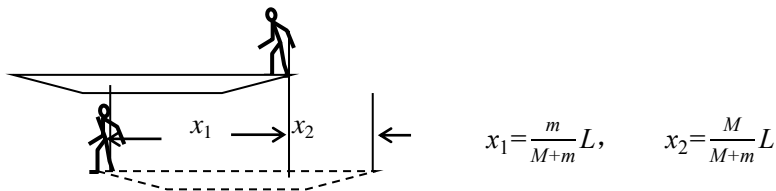


★训练 78. 随着科幻电影《流浪地球》的热映, “引力弹弓效应”进入了公众的视野。 “引力弹弓效应”是指在太空运动的探测器, 借助行星的引力来改变自己的速度。为了分析这个过程, 可以提出以下两种模式: 探测器分别从行星运动的反方向或同方向接近行星, 分别因相互作用改变了速度。如图所示, 以太阳为参考系, 设行星运动的速度为 u , 探测器的初速度大小为 v_0 , 在图示的两种情况下, 探测器在远离行星后速度大小分别为 v_1 和 v_2 。探测器和行星虽然没有发生直接的碰撞, 但是在行星的运动方向上, 其运动规律可以与两个质量不同的钢球在同一条直线上发生的弹性碰撞规律作类比。那么下列判断中正确的是()



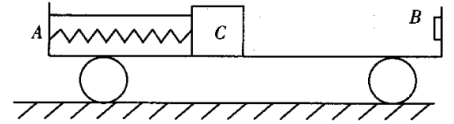
- A. $v_1 > v_0$
- B. $v_1 = v_0$
- C. $v_2 > v_0$
- D. $v_2 = v_0$

★5、人船模型 (特点: 系统某方向动量守恒且此方向总动量始终为零), 如图:



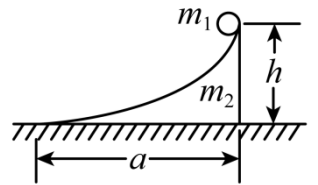
训练 79. 如图所示，小车静止于水平面上，A 端固定一个轻质弹簧，B 端粘有橡皮泥，小车质量为 M 。质量为 m 的木块 C 放在小车上，用细线将木块连接于小车的 A 端并使弹簧压缩。开始时小车与木块 C 都处于静止状态，C、B 间距为 L 。现烧断细线，弹簧被释放，使木块离开弹簧向 B 端滑去，并跟 B 端橡皮泥粘在一起。所有摩擦均不计，对整个过程中，以下说法正确的是()

- A. 整个系统的机械能和动量都守恒
- B. 木块的速度最大时小车的速度一定最小
- C. 小车向左运动的最大位移等于 $\frac{ML}{M+m}$
- D. 最终小车与木块速度都为零



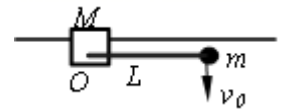
训练 80. (多选) 如图所示，在光滑水平面上静止着一个斜面体，其质量为 m_2 ，斜面是一个光滑的曲面，斜面体高为 h ，底边长为 a 。今有一个质量为 m_1 ($m_2 = nm_1$) 的小球从斜面体的顶端自静止开始下滑，小球滑离斜面体的下端时速度沿水平方向，则下列说法正确的是()

- A. 在小球下滑过程中，两者的动量总是大小相等方向相反
- B. 两者分开时斜面体向右移动的距离是 $\frac{a}{n+1}$
- C. 分开时小球和斜面体的速度大小分别是 $\sqrt{\frac{2ngh}{n+1}}$ 和 $\sqrt{\frac{2gh}{n(n+1)}}$
- D. 在小球下滑过程中斜面体弹力对它做的功为 $-\frac{m_1gh}{n+1}$



★★训练 81. 如图所示，质量 $M=3\text{kg}$ 的滑块套在水平固定的轨道上并可在轨道上无摩擦地滑动。质量 $m=2\text{kg}$ 的小球（可视为质点）通过长 $L=0.75\text{m}$ 的轻杆与滑块上的光滑轴 O 相连，开始时滑块静止，且轻杆处于水平状态。现给小球一个 $v_0=3\text{m/s}$ 的竖直向下的初速度，取 $g=10\text{m/s}^2$ 求：

- (1) 在以后的运动过程中，小球相对于初位置可以上升的最大高度 h ，
- (2) 小球从初位置到第一次到达最大高度的过程中，滑块在水平轨道上移动的位移 s



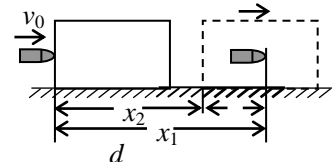
7、子弹打木块类问题

设质量为 m 的子弹以初速度 v_0 射向静止在光滑水平面上的质量为 M 的木块，并留在木块中不再射出。

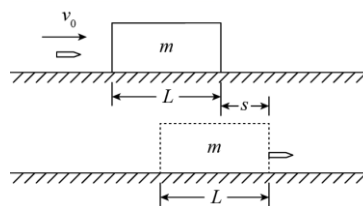
共速速度，子弹射入木块过程中系统动量守恒： $mv_0 = (M+m)v$

子弹打入深度，对系统有： $f \cdot d = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(M+m)v^2 = \frac{Mm}{2(M+m)}v_0^2$

到共速的时间，对木块用动量定理： $f \cdot t = Mv$

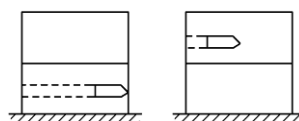


训练 82. 如图所示, 一块长度为 L 、质量为 m 的木块静止在光滑水平地面上, 一颗质量也为 m 的子弹以水平速度 v_0 射入木块, 子弹恰好射穿木块, 设子弹穿过木块的过程中受到的阻力恒定不变, 子弹可视为质点, 在子弹穿过木块的过程中, 下列说法正确的是()



- A. 木块前进的距离为 L B. 子弹穿过木块的时间为 $\frac{4L}{3v_0}$
- C. 子弹受到的阻力大小为 $\frac{mv_0^2}{4L}$ D. 子弹和木块组成的系统产生的内能为 $\frac{3}{8}mv_0^2$

★训练 83. (多选) 矩形滑块由不同材料的上、下两层粘合在一起组成, 将其放在光滑的水平面上, 质量为 m 的子弹以速度 v_0 水平射向滑块, 若射击下层, 子弹刚好不射出, 若射击上层, 则子弹刚好能射穿一半厚度, 如图所示, 则上述两种情况相比较, 下列说法正确的是()



- A. 子弹的末速度大小相等 B. 系统产生的热量一样多
- C. 子弹对滑块做的功相同 D. 子弹和滑块间的水平作用力一样大

8、水在流动过程中体积流量不变, 即 $v_1S_1=v_2S_2$, 因此水在流动过程中, 速度越大, 水流直径越细

9、水冲击煤层或玩具后速度变为零的平均冲击力 $F=\rho Sv^2$, 原速率反向的平均冲击力 $F=2\rho Sv^2$

训练 84. 如图所示, 用高压水枪喷出的强力水柱冲击煤层, 设水柱直径为 D , 水流速度大小为 v , 方向水平向右。水柱垂直煤层表面, 水柱冲击煤层后水的速度变为零, 水的密度为 ρ , 高压水枪的重力不可忽略, 手持高压水枪操作, 下列说法正确的是()



- A. 水枪单位时间内喷出水的质量为 $\rho v \pi D^2$
- B. 高压水枪的喷水功率为 $\frac{\rho v^3 \pi D^2}{8}$
- C. 水柱对煤层的平均冲击力大小为 $\frac{\rho v^2 \pi D^2}{8}$
- D. 手对高压水枪的作用力水平向右

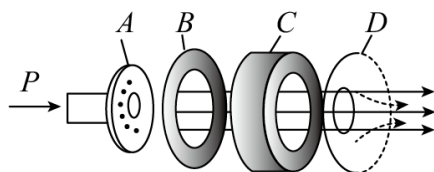
★训练 85. 太空飞船在宇宙空间中飞行时, 会遇到太空尘埃的碰撞而受到阻碍作用。设单位体积的太空均匀分布着尘埃 n 颗, 每颗尘埃平均质量为 m , 尘埃速度可忽略、飞船的横截面积为 S , 与尘埃碰撞后将尘埃完全黏附住。当飞船维持恒定的速率 v 飞行时, 飞船引擎需要提供的平均推力为()

- A. $\frac{1}{2}nmv^2S$ B. nmv^2S C. $\frac{3}{2}nmv^2S$ D. $\frac{1}{3}nmv^2S$

训练 86. 某竖直面内的户外广告牌的迎风面积为 S , 单位面积上所能承受的最大风力为 F 。设风吹到广告牌速度立刻减为零, 空气密度为 ρ , 则广告牌能承受的垂直迎风面方向的最大风速为()

- A. $\sqrt{\frac{F}{\rho S}}$ B. $\frac{F}{\rho}$ C. $\sqrt{\frac{F}{\rho}}$ D. $\frac{F}{\rho S}$

训练 87. 卫星在一定高度绕地心做圆周运动时，由于极其微弱的阻力等因素的影响，在若干年的运行时间中，卫星高度会发生变化（可达 15km 之多），利用离子推进器可以对卫星进行轨道高度、姿态的调整。推进剂从图中 P 处注入，在 A 处电离出正离子，已知 B 、 C 之间加有恒定电压 U ，正离子进入 B 时的速度忽略不计，经加速形成电流为 I 的离子束后喷出推进器，单位时间内喷出的离子质量为 J 。为研究问题方便，假定离子推进器在太空中飞行时不受其他外力，忽略推进器运动速度。则推进器获得的推力大小为()



- A. $\frac{U}{2JI}$ B. $\frac{U^2}{2JI}$ C. $\sqrt{2UJI}$ D. \sqrt{UJI}

10、静止原子核衰变后在磁场中的运动：

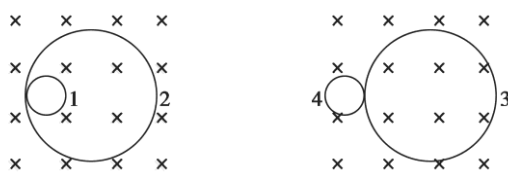
新核和粒子的总动量为零，所以半径与电荷量成反比，即小圆大电荷、大圆小电荷

α 衰变后， α 粒子与新核构成的是两个外切圆，且大圆是 α 粒子轨迹，小圆是新核的轨迹

β 衰变后， β 粒子与新核构成的是两个内切圆，且大圆是 β 粒子轨迹，小圆是新核的轨迹

训练 88. 一个静止的放射性同位素的原子核 ${}^{30}_{15}\text{P}$ 衰变为 ${}^{30}_{14}\text{Si}$ ，另一个静止的天然放射性元素的原子核 ${}^{234}_{90}\text{Th}$ 衰变为 ${}^{234}_{91}\text{Pa}$ ，在同一磁场中，得到衰变后粒子的运动径迹 1、2、3、4，如图所示，则这四条径迹依次是()

- A. 电子、 ${}^{234}_{91}\text{Pa}$ 、 ${}^{30}_{14}\text{Si}$ 、正电子
 B. ${}^{234}_{91}\text{Pa}$ 、电子、正电子、 ${}^{30}_{14}\text{Si}$
 C. ${}^{30}_{14}\text{Si}$ 、正电子、电子、 ${}^{234}_{91}\text{Pa}$
 D. 正电子、 ${}^{30}_{14}\text{Si}$ 、 ${}^{234}_{91}\text{Pa}$ 、电子



八、电场

1、在同一直线上三个点电荷保持平衡有结论：两同夹异、两大夹小、近小远大

2、点电荷形成的电场中电势 $\varphi = \pm k \frac{Q}{r}$ (正负取决于电性). 电势能为 $E_p = k \frac{Q_1 Q_2}{r}$

3、匀强电场中，任意两点连线中点的电势等于这两点的电势的平均值。在任意方向上电势差与距离成正比。

4、电容器充电后和电源断开，仅改变板间的距离时，场强不变；若始终与电源相连，仅改变正对面积时，场强不变。

九、磁场

1、有界磁场

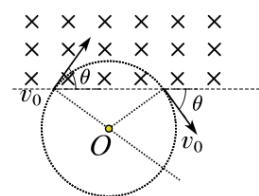
①带电粒子在"单边界磁场"中运动

入射速度与磁场边界的夹角等于出射速度与磁场边界的夹角简称"入射角=出射角"

②带电粒子在"圆形磁场"中运动

若粒子沿磁场圆的半径指向圆心方向射入，则一定会沿半径背离圆心方向射出。

简称"沿径向射入必沿径向射出"



电荷在圆形磁场中做匀速圆周运动，圆轨道的弦越长，圆心角越大，运动时间就越长。当圆形区域的直径为圆轨道的弦长时，电荷的运动时间最长。

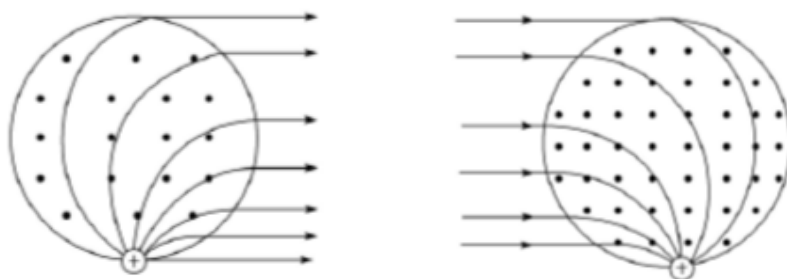
③带电粒子在"双边界磁场"中运动

若涉及最大、最小、刚好、恰好等临界问题，则轨迹与磁场边界"相切"

④圆形磁场的两个特殊规律："磁聚焦"和"磁发散"现象

当磁场圆半径与轨迹圆半径相等时，存在两条特殊规律：

- i. 从磁场边界上以相同速度平行入射的相同粒子，又会聚焦于磁场边界上的同一点。
- ii. 反之，从磁场边界上某点向四周发射速率相同的粒子，其出射方向都平行于入射点的切线方向。



训练 89. 水平桌面上方区域内存在一垂直于桌面的磁感应强度为 B 的匀强磁场，科研人员将均匀涂抹荧光物质的半径为 R 的圆环，放置于水平桌面上如图 1 所示， A 为圆环边界上的一点，大量相同的带电粒子以相同的速率经过 A 点，在平面内沿不同的方向射入磁场，科研人员观测到整个圆环发出淡淡的荧光（高速微观粒子打在荧光物质上会将动能转化为光能），且粒子在圆环内磁场中运动的最长时间为 t 。更换半径为 $\frac{4\sqrt{3}}{3}R$ 的圆环时如图 2 所示，只有

相应的三分之一圆周上有荧光发出，不计重力及带电粒子之间的相互作用，则()

- A. 粒子在磁场中做圆周运动的周期 $T=6t$
- B. 粒子在磁场中做圆周运动的半径 $r=\sqrt{3}R$
- C. 粒子在磁场中做圆周运动的速度 $v=\frac{\pi R}{3t}$
- D. 该粒子的比荷 $\frac{q}{m}=\frac{\pi}{2Bt}$

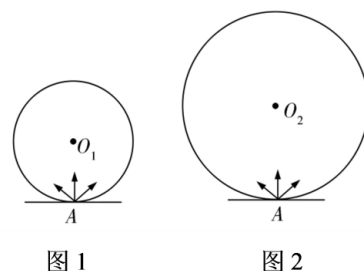


图 1

图 2

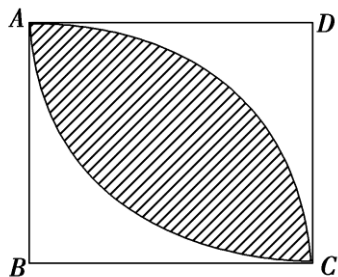
训练 90. (多) 如图所示, 在边长为 L 的正方形 $ABCD$ 阴影区域内存在垂直纸面的匀强磁场, 一质量为 m 、电荷量为 q ($q < 0$) 的带电粒子以大小为 v_0 的速度沿纸面垂直 AB 边射入正方形, 若粒子从 AB 边上任意点垂直射入, 都只能从 C 点射出磁场, 不计粒子的重力影响。下列说法正确的是()

A. 此匀强磁场的方向可能垂直纸面向外

B. 此匀强磁场的磁感应强度大小为 $\frac{mv_0}{qL}$

C. 此匀强磁场区域的面积为 $\frac{\pi L^2}{4}$

D. 此匀强磁场区域的面积为 $\frac{(\pi - 2)L^2}{2}$



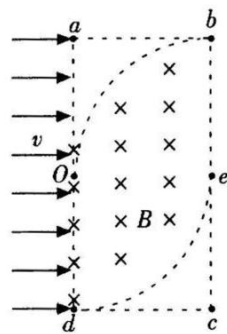
训练 91. 如图所示, 长方形 $abed$ 的长 $ad = 0.6\text{m}$, 宽 $ab = 0.3\text{m}$, O 、 e 分别是 ad 、 bc 的中点, 以 e 为圆心 eb 为半径的四分之一圆弧和以 O 为圆心 Od 为半径的四分之一圆弧组成的区域内有垂直纸面向里的匀强磁场(边界上无磁场) 磁感应强度 $B = 0.25\text{T}$ 。一群不计重力、质量 $m = 3 \times 10^{-7}\text{kg}$ 、电荷量 $q = +2 \times 10^{-3}\text{C}$ 的带正电粒子以速度 $v = 5 \times 10^2\text{m/s}$ 沿垂直 ad 方向且垂直于磁场射入磁场区域, 则下列判断正确的是 ()

A. 从 Od 边射入的粒子, 出射点全部分布在 Oa 边

B. 从 aO 边射入的粒子, 出射点全部分布在 ab 边

C. 从 Od 边射入的粒子, 出射点分布在 ab 边

D. 从 ad 边射入的粒子, 出射点全部通过 b 点



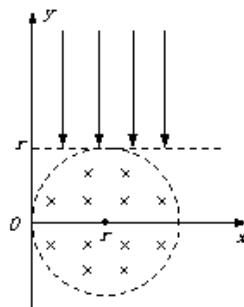
★训练 92. (多) 如图所示, 在 xOy 坐标系中, 以 $(r, 0)$ 为圆心、 r 为半径的圆形区域内存在方向垂直于纸面向里的匀强磁场。在 $y > r$ 的足够大的区域内, 存在沿 y 轴负方向的匀强电场。在 xOy 平面内, 从 O 点以相同速率、沿不同方向向第一象限发射质子, 且质子在磁场中运动的半径也为 r 。不计质子所受重力及质子间的相互作用力。则质子()

A. 在电场中运动的路程均相等

B. 最终离开磁场时的速度方向均沿 x 轴正方向

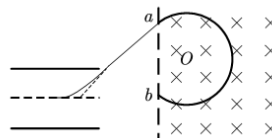
C. 在磁场中运动的总时间均相等

D. 从进入磁场到最后离开磁场过程的总路程均相等



3、如图,垂直进入偏转电场的带电粒子, 出电场后垂直进入匀强磁场, 在匀强磁场

的直边界上, 射入点与射出点之间的间隔 $x = \frac{2mv_0}{qB}$



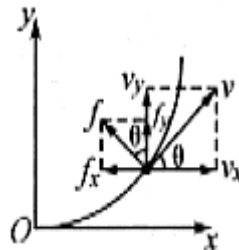
★★洛伦兹力的冲量公式推导

如图, 一带电粒子电量为 q , 在磁感应强度为 B 的匀强磁场中做匀速圆周运动, 速度为 v 。某时刻 v 与 x 轴的夹角为 θ , 则它受到的洛伦兹力 f 与 y 轴的夹角也为 θ 。分别将 v 、 f 正交分解, 可知:

$$f_x = f \sin \theta = qBv \sin \theta = qBv_y$$

在时间 t 内 f 沿 x 轴方向的冲量为: $I_x = \sum qBv_y t = qBy$

同理, f 在 y 轴方向的冲量为: $I_y = \sum qBv_x t = qBx$

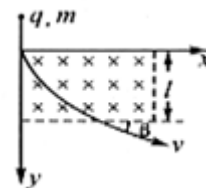


★若运动过程中只有洛伦兹力引起动量变化, 由动量定理有: $I_x = qBy = m\Delta v_x$, $I_y = qBx = m\Delta v_y$

训练 93. 如图, 在真空中建立一坐标系, 以水平向右为 x 轴正方向, 竖直向下为 y 轴正方向, z 轴垂直纸面向里。在

$0 \leq y \leq l$ 的区域内有匀强磁场, $l = 0.80m$, 磁感应强度 $B = 0.10T$, 方向沿 z 轴正方向。一荷质比 $\frac{q}{m} = 50C/kg$

的带正电质点从 $x = 0$, $y = -0.20m$, $z = 0$ 处由静止释放, 求带电质点刚离开磁场时的速度, 取 $g = 10m/s^2$ 。



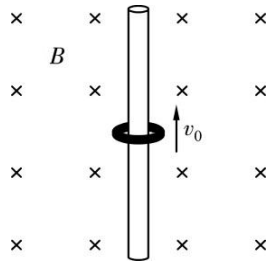
★训练 94. 如图, 在一绝缘水平台面的上方空间的足够大的区域中, 有正交的匀强电场和匀强磁场, 电场强度

$E = 10N/C$, 方向水平向右, 磁感应强度 $B = 5T$, 方向垂直纸面向里, 今有一质量为 $m = 10^{-3}kg$, 带电量为

$q = 4 \times 10^{-4}C$ 的小球由静止开始运动, 取 $g = 10m/s^2$, 求小球在运动中速度能达到的最大值。

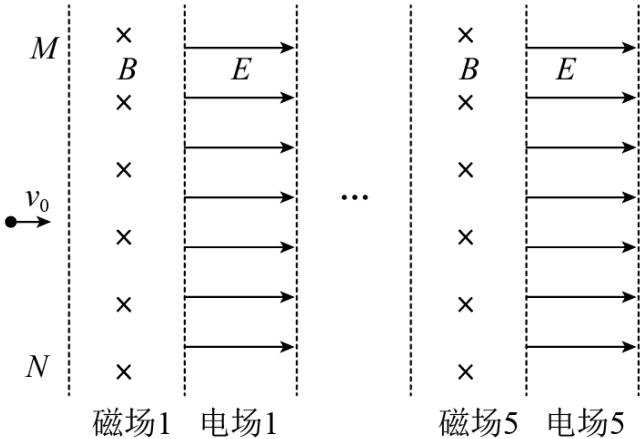


★训练 95. 如图所示，空间有一个范围足够大的匀强磁场，磁感应强度为 B ，一个质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的带电小圆环套在一根固定的绝缘竖直细杆上，杆足够长，环与杆的动摩擦因数为 μ 。现使圆环以初速度 v_0 向上运动，经时间 t 圆环回到出发位置。不计空气阻力。已知重力加速度为 g 。求当圆环回到出发位置时速度 v 的大小。

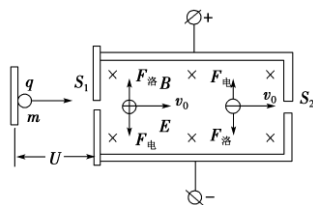


训练 96. 如图所示， MN 右侧有多个紧密相邻的匀强磁场和匀强电场，磁场与电场的宽度均为 d ，长度足够长，磁感应强度大小相同，方向垂直纸面向里；电场强度大小相同，方向水平向右。一质量为 m 、电量为 $+q$ 的带电粒子以速度 v_0 垂直于 MN 进入磁场 1，当带电粒子从第一个磁场区域穿出时，速度方向偏转了 30° 角，设电场、磁场均有理想边界，粒子重力不计求：

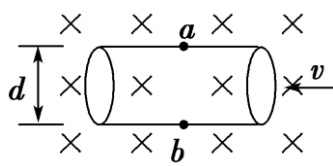
- (1) 磁感应强度 B ；
- (2) 若粒子的速度范围为 $0 < v \leq \sqrt{2}v_0$ ，写出粒子穿出第一个磁场区域时速度方向与磁场边界夹角 θ 的余弦值 $\cos \theta$ 与 v 之间的函数关系式；
- (3) 在 (2) 问的条件下，若要粒子不穿出第 5 个磁场的右边界，求电场强度的最大值。



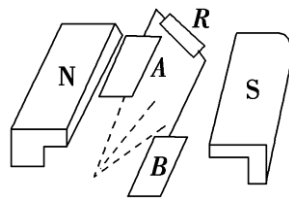
3. 速度选择器如图所示, 当带电粒子进入电场和磁场共存空间时, 同时受到电场力和洛伦兹力作用, $F_{\text{电}} = Eq$, $F_{\text{洛}} = Bqv_0$, 若 $Eq = Bqv_0$, 有 $v_0 = \frac{E}{B}$, 即能从 S_2 孔飞出的粒子只有一种速度, 而与粒子的质量、电性、电量无关.



4. 电磁流量计如图所示, 一圆形导管直径为 d , 用非磁性材料制成, 其中有可以导电的液体向左流动, 导电流体中的自由电荷(正负离子)在洛伦兹力作用下横向偏转, a 、 b 间出现电势差. 当自由电荷所受电场力和洛伦兹力平衡时, a 、 b 间的电势差就保持稳定. 由 $qvB = qE = q\frac{U}{d}$ 可得 $v = \frac{U}{Bd}$ 流量 $Q = Sv = \frac{\pi d^2}{4} \frac{U}{Bd} = \frac{\pi d U}{4B}$, 与粒子的质量、电性、电量无关.

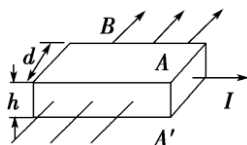


5. 磁流体发电机如图是磁流体发电机, 等离子气体喷入磁场, 正、负离子在洛伦兹力作用下发生上下偏转而聚集到 A 、 B 板上, 产生电势差, 设 A 、 B 平行金属板的面积为 S , 相距为 L , 等离子气体的电阻率为 ρ , 喷入气体速度为 v , 板间磁场的磁感应强度为 B , 板外电阻为 R , 当等离子气体匀速通过 A 、 B 板间时, 板间电势差最大, 离子受力平衡: $qE_{\text{场}} = qvB$, $E_{\text{场}} = vB$, 电动势 $E = E_{\text{场}}L = BLv$, 电源内电阻 $r = \frac{L}{\rho S}$, 故 R 中的电流 $I = \frac{E}{R+r} = \frac{BLv}{R + \frac{L}{\rho S}} = \frac{BLvS}{RS + \rho L}$,



与粒子的质量、电性、电量无关.

6. 霍尔效应如图所示, 厚度为 h , 宽度为 d 的导体板放在垂直于磁感应强度为 B 的匀强磁场中, 当电流流过导体板时, 在导体板上下侧面间会产生电势差, $U = k\frac{IB}{d}$ (k 为霍尔系数).

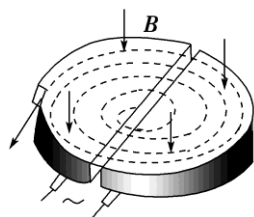


★★特别注意: U 的正负与载流子电性有关, 若载流子带正电, 则 $U_{AA'} = k\frac{IB}{d}$, 若载流子带正

电, 则 $U_{AA'} = -k\frac{IB}{d}$,

7. 回旋加速器如图所示, 是两个 D 形金属盒之间留有一个很小的缝隙, 有很强的磁场垂直穿过 D 形金属盒. D 形金属盒缝隙中存在交变的电场. 带电粒子在缝隙的电场中被加速, 然后进入磁场做半圆周运动.

(1) 粒子在磁场中运动一周, 被加速两次; 交变电场的频率与粒子在磁场中圆周运动的频率相同. $T_{\text{电场}} = T_{\text{回旋}} = T = \frac{2\pi m}{qB}$.



(2) 粒子在电场中每加速一次, 都有 $qU = \Delta E_k$.

(3) 粒子在边界射出时, 都有相同的圆周半径 R , 有 $R = \frac{mv}{qB}$.

(4) 粒子飞出加速器时的动能为 $E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{B^2 R^2 q^2}{2m}$. 在粒子质量、电量确定的情况下, 粒子所能达到的最大动能只与

加速器的半径 R 和磁感应强度 B 有关, 与加速电压无关

十、电磁感应

1、长为 L 的导体棒，在磁感应强度为 E 的磁场中以其中一端为圆心

转动切割磁感线时，产生的感应电动势为 $E = \frac{1}{2} B \omega L^2$ 。但环形磁场

则需要注意。

★2、安培力冲量：

$$I_{\text{安}} = \sum BIL \Delta t = BLq \text{ 或 } I_{\text{安}} = \sum BIL \Delta t = \sum B \frac{BLv}{R_{\text{总}}} L \Delta t = \sum \frac{B^2 L^2 v}{R_{\text{总}}} \Delta t = \frac{B^2 L^2 x}{R_{\text{总}}} \text{ (单棒切割)}$$

$$\text{或 } I_{\text{安}} = \sum BIL \Delta t = \sum B \frac{BL(v_1 - v_2)}{R_{\text{总}}} L \Delta t = \frac{B^2 L^2 (x_1 - x_2)}{R_{\text{总}}} \text{ (双棒切割)}$$

3、电量和热量的求解：①电量：(1) $q = It$ (恒定电流、或者用 $i-t$ 图面积) (2) $q = \frac{\Delta \phi}{R}$ (回路总电阻不变)

②热量：(1) 公式法： $Q = I^2 R$ 适用条件： 恒定电流；

(2) 功能关系： $Q = W$ (动生+感生) 做功; 适用条件：任意情形；

(3) 能量守恒： $E_{\text{初总}} = E_{\text{末总}}$; 注意分清能量种类和个数、以及选择的研究对象；

4. 单杆所受合外力等于安培力时的运动：

单杆置于光滑水平导轨上，可以与电源、电阻、电容器等组成回路；杆运动时所受合外力等于安培力。

类型	接电源	接电阻	接电容器
结构图			
初始条件	水平导轨光滑且足够长，导轨间距为 l 、金属杆 ab 质量为 m 、电阻为 R ，处于静止状态	水平导轨光滑且足够长，金属杆 ab 质量为 m ，电阻为 R' ，初速度为 v_0	水平导轨光滑且足够长，电容器 C 原来不带电，金属杆 ab 质量为 m ，电阻为 R ，初速度为 v_0
过程分析	S 闭合， ab 受安培力 $F = \frac{BlE}{R+r}$ ，此时 $a = \frac{BlE}{m(R+r)}$ ， ab 速度 $v \uparrow \rightarrow Blv \uparrow \rightarrow$ 与电源电动势反向使电流 $I \downarrow \rightarrow$ 安培力 $F = BIl \downarrow \rightarrow$ 加速度 $a \downarrow$ ，当安培力 $F=0(a=0)$ 时， v 最大，最后做匀速运动	ab 受到安培力 $F = BIl = \frac{B^2 L^2 v}{R' + R}$ ， ab 做减速运动： $v \downarrow \rightarrow F \downarrow \rightarrow a \downarrow$ ，当 $v=0$ 时， $F=0$ ， $a=0$ ， ab 保持静止	一开始，感应电动势为 Blv_0 ， ab 作为电源向电容器充电，电容器两板间的电压增加，充电电流受到的安培力阻碍 ab 运动， ab 的速度减小，当 ab 中感应电动势 Blv 与电容器两板间的电压相等时，回路中没有电流， ab 最终做匀速运动
图象			

★5.单杆所受合外力由安培力与其他力共同作用时的运动

单杆置于导轨上，导轨可以水平、倾斜、竖直放置，单杆所受合外力由安培力与其他力共同作用

类型	水平导轨	倾斜导轨	竖直导轨
结构图			
初始条件	甲图中接电阻 R ，乙图中接电容器 C ，水平导轨光滑，间距为 L ，杆 ab 质量为 m ，电阻不计，初速度为零，水平拉力 F 为恒力	甲图中接电阻 R ，乙图中接电容器 C ，光滑导轨倾角为 $\alpha(0<\alpha\leq90^\circ)$ ，间距为 L ，导体杆 ab 质量为 m ，电阻不计，都由静止释放	
过程分析	<p>甲图中：开始时 $a=\frac{F}{m}$，杆 ab 速度 $v\uparrow$ 感应电动势 $E=BLv\uparrow$ $I\uparrow$ 安培力 $F_{\text{安}}=BIL\uparrow$，由 $F-F_{\text{安}}=ma$ 知 $a\downarrow$，当 $a=0$ 时，v 最大，$v_m=\frac{FR}{B^2L^2}$</p> <p>乙图中：开始时 $a=\frac{F}{m}$，杆 ab 速度 $v\uparrow$ $E=BLv\uparrow$，经过 Δt 速度为 $v+\Delta v$，$E'=BL(v+\Delta v)$，$\Delta q=C(E'-E)=CBL\Delta v$，$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=CBLa$，$F_{\text{安}}=CB^2L^2a$，$a=\frac{F}{m+B^2L^2C}$，所以杆做匀加速运动</p>	<p>甲图中：开始时 $a=g\sin\alpha$，杆 ab 速度 $v\uparrow$ 感应电动势 $E=BLv\uparrow$ $I\uparrow$ 安培力 $F_{\text{安}}=BIL\uparrow$，由 $mg\sin\alpha-F_{\text{安}}=ma$ 知 $a\downarrow$，当 $a=0$ 时，v 最大，$v_m=\frac{mgR\sin\alpha}{B^2L^2}$</p> <p>乙图中：开始时 $a=g\sin\alpha$，杆 ab 速度 $v\uparrow$ $E=BLv\uparrow$，经过 Δt 速度为 $v+\Delta v$，$E'=BL(v+\Delta v)$，$\Delta q=C(E'-E)=CBL\Delta v$，$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=CBLa$，$F_{\text{安}}=CB^2L^2a$，$mg\sin\alpha-F_{\text{安}}=ma$，$a=\frac{mg\sin\alpha}{m+CB^2L^2}$，所以杆做匀加速运动</p>	
图象			
注意：上述模型中，如果杆 ab 的电阻 $R\neq0$ ，导轨不光滑时，在计算电流 I 及杆的受力分析时要注意相应变化			

★★6.电磁感应中“双杆+导轨”模型

类型	水平导轨，无水平外力	水平导轨，受水平外力	不等间距水平导轨，无水平外力	不等间距水平导轨，有水平外力
结构图				
初始条件	水平导轨光滑，导体杆 1 初速度为 v_0 ，导体杆 2 初速度为 0	水平导轨光滑，导体杆 1、2 初速度均为 0，导体杆 1 受到恒定拉力 F	水平导轨光滑，导体杆 1、2 所处轨道宽度分别为 L_1 、 L_2 且 $L_1 > L_2$ ，导体杆 1 初速度为 v_0 ，导体杆 2 初速度为 0	水平导轨光滑，导体杆 1、2 所处轨道宽度分别为 L_1 、 L_2 且 $L_1 > L_2$ ，导体杆 1、2 初速度均为 0，导体杆受恒定拉力 F
过程分析	<p>电流：$I = \frac{BL(v_1 - v_2)}{R_{\text{总}}}$</p> <p>导体杆 1：$BIL = m_1 a_1$</p> <p>导体杆 2：$BIL = m_2 a_2$</p> <p>$v_1$ 减小，v_2 增加，到 $v_1 = v_2 = v_{\text{共}}$ 后，回路中的合电动势为零，感应电流为零，安培力为零，二者做匀速运动，由：$m_1 v_0 = (m_1 + m_2) v_{\text{共}}$ 得：$v_{\text{共}} = \frac{m_1 v_0}{(m_1 + m_2)}$</p> <p>对棒 2：$\sum BIL_{\Delta t} = \frac{BLq}{R_{\text{总}}} = \frac{B^2 L^2 \Delta x}{R_{\text{总}}} = m_2 v_{\text{共}}$ 得：$q = \frac{m_1 m_2 v_0 R_{\text{总}}}{BL}$</p> <p>$\Delta x = \frac{m_1 m_2 v_0 R_{\text{总}}}{B^2 L^2}$</p>	<p>电流：$I = \frac{BL(v_1 - v_2)}{R_{\text{总}}}$</p> <p>导体杆 1：$F - BIL = m_1 a_1$</p> <p>导体杆 2：$BIL = m_2 a_2$</p> <p>$v_1$ 增加，v_2 增加，但是因为：$a_1 < a_2$，故 I 增加，导致 a_1 减小，a_2 增加，到 $a_1 = a_2 = a_{\text{共}}$ 后，$(v_1 - v_2)$ 不再变化，则 I 不变，运动系统达到稳定状态，此时：$a_{\text{共}} = \frac{F}{m_1 + m_2}$</p> <p>对棒 2：由 $BIL = m_2 a_{\text{共}}$ 得：$v_1 - v_2 = \Delta v = \frac{R_{\text{总}} m_2 F}{(m_1 + m_2) B^2 L^2}$</p>	<p>电流：$I = \frac{BL_1 v_1 - BL_2 v_2}{R_{\text{总}}}$</p> <p>棒 1：$BIL_1 = m a_1$，减速</p> <p>棒 2：$BIL_2 = m a_2$，加速</p> <p>到 $L_1 v_1 = L_2 v_2$ 时，回路中合电动势为零，电流为零，安培力为零，二者做匀速运动，对棒 1 由动量定理有：$-\sum BIL_{1\Delta t} = m_1 v_1 - m_1 v_0$</p> <p>对棒 2 由动量定理有：$\sum BIL_{2\Delta t} = m_2 v_2 - 0$</p> <p>两式相比有：$\frac{L_1}{L_2} = \frac{v_0 - v_1}{v_2}$</p> <p>与 $L_1 v_1 = L_2 v_2$ 联立解得：$v_1 = \frac{L_2^2 v_0}{L_1^2 - L_2^2}$ $v_2 = \frac{L_1 L_2 v_0}{L_1^2 - L_2^2}$</p> <p>对棒 2 由：$\sum BIL_{2\Delta t} = \frac{BL_2 q}{R_{\text{总}}} = m_2 v_2$ 得：$q = \frac{R_{\text{总}} m_2 L_1 v_0}{B(L_1^2 - L_2^2)}$</p>	<p>电流：$I = \frac{BL_1 v_1 - BL_2 v_2}{R_{\text{总}}}$</p> <p>棒 1：$F - BIL_1 = m a_1$，加速，</p> <p>棒 2：$BIL_2 = m a_2$，加速</p> <p>但是因为：$a_1 < a_2$，故 I 增加，导致 a_1 减小，a_2 增加，到 $L_1 v_1 = L_2 v_2$ 恒定后，I 不再变化，加速度不再变化，运动系统到达稳定状态，因为稳定后 $L_1 v_1 = L_2 v_2$ 随时间不再变化，可对时间求导，则有：$L_1 a_1 = L_2 a_2$</p> <p>与牛二方程联立后可求的最终加速度数值和电流数值</p>
图象				
<p>注意：1.上面只是分析了三种情况，其他情况要具体分析</p> <p>2.对于导轨倾斜、竖直放置时，由于杆的重力参与作用，过程分析需要结合具体情况</p>				

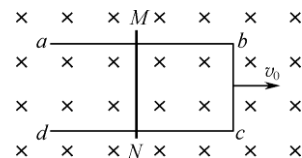
训练 97. 如图所示, 一质量为 $2m$ 的足够长的光滑金属框 $abcd$ 置于水平绝缘平台上, ab 、 dc 边平行且长为 L 的 bc 边垂直, 整个金属框电阻可忽略。一根阻值为 R 、质量为 m 的导体棒 MN 置于金属框上, 装置始终处于磁感应强度为 B 、方向竖直向下的匀强磁场中。现给金属框向右的初速度 v_0 , 运动时 MN 始终与金属框保持良好接触且与 bc 边平行。则整个运动过程中()

A. 感应电流方向为 $M \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow N \rightarrow M$

B. 导体棒的最大速度为 $\frac{v_0}{2}$

C. 通过导体棒的电量为 $\frac{2mv_0}{3BL}$

D. 导体棒产生的焦耳热为 $\frac{5}{6}mv_0^2$



训练 98. (多选) 如图所示, 电阻不计的光滑金属导轨由直窄轨 AB 、 CD 以及直宽轨 EF 、 GH 组合而成, 窄轨和宽轨均处于同一水平面内, AB 、 CD 等长且与 EF 、 GH 均相互平行, BE 、 GD 等长、共线, 且均与 AB 垂直, 窄轨间距为 $\frac{L}{2}$, 宽轨间距为 L 。窄轨和宽轨之间均有竖直向上的磁感强度为 B 的匀强磁场。由同种材料制成的相同金属直棒

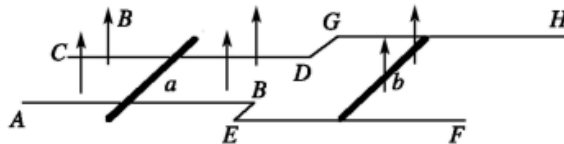
a 、 b 始终与导轨垂直且接触良好, 棒长为 L 、质量为 m 、电阻为 R 。初始时 b 棒静止于导轨 EF 段某位置, a 棒从 AB 段某位置以初速度 v_0 向右运动, 且 a 棒距窄轨右端足够远, 宽轨 EF 、 GH 足够长。下列判断正确的是()

A. a 棒刚开始运动时, b 棒的加速度大小为 $\frac{B^2 L^2 v_0}{3mR}$

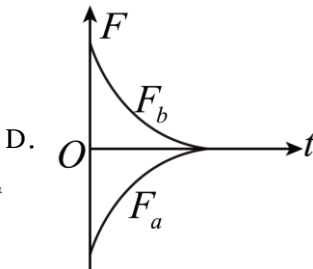
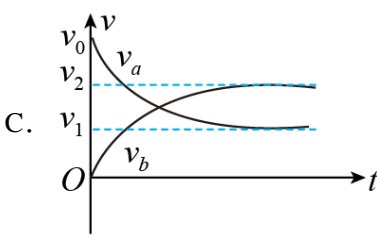
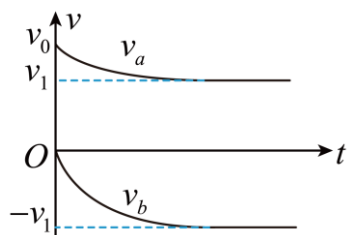
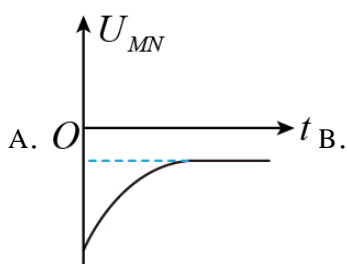
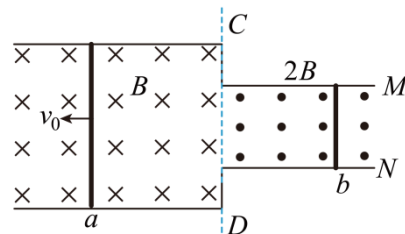
B. 经过足够长的时间, a 棒的速度为 $\frac{2}{5}v_0$

C. 整个过程中通过回路的电荷量为 $\frac{2mv_0}{5BL}$

D. 整个过程中 b 棒产生的焦耳热为 $\frac{1}{15}mv_0^2$



训练 99. (多选) 如图, 足够长的平行光滑金属导轨 M 、 N 固定在水平面上, 虚线 CD 左侧导轨间距为 $2L$, 右侧导轨间距为 L 。垂直导轨平面有竖直方向的匀强磁场, 以 CD 为分界线, 左侧磁感应强度大小为 B 、方向向下; 右侧磁感应强度大小为 $2B$ 、方向向上。导体棒 a 、 b 垂直导轨放置, 棒与导轨始终接触良好, 导轨电阻不计。现使棒 a 获得一向左的水平速度 v_0 , 在两棒之后的运动中, 导轨 M 、 N 两端的电势差 U_{MN} , 导体棒 a 、 b 的速度 v_a 、 v_b , 以及棒 a 、 b 受到的安培力 F_a 、 F_b 与时间 t 的关系, 下列图像大致正确的有()



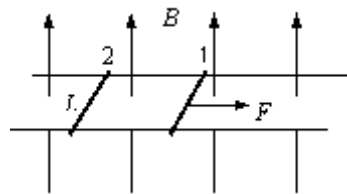
训练 100. (多选)如图, 有一宽为 L 足够长的光滑水平平行导轨, 导轨处于竖直向上匀强磁场中, 垂直导轨静止放有两根相同的金属棒, 每根棒质量均为 M , $t=0$ 时刻开始, 给金属棒 1 一水平向右的外力, 使金属棒 1 在很短时间内达到速度 v_0 , 之后保持 v_0 不变. 此时棒 1 成为了一个最简单的发电机, 而棒 2 成为了一个简单电动机, 已知 $t=t_0$ 时刻, 金属棒 2 也达到一个稳定的速度, 且此过程中导体棒 2 产生焦耳热为 Q , 则()

A. 棒 2 的稳定速度也为 v_0

B. 作用于棒 2 的安培力做正功, 做的功 $W=Q$

C. 外力做功为 $2Q + \frac{1}{2}Mv_0^2$

D. 作用于棒 1 的安培力做负功, 产生电能 $E=2Q + \frac{1}{2}Mv_0^2$



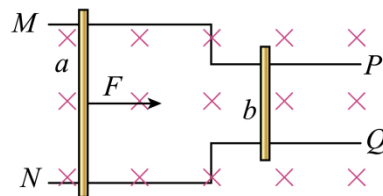
训练 101. (多选)如图, 两电阻不计的光滑平行导轨水平放置, MN 部分的宽度为 $2l$, PQ 部分的宽度为 l , 金属棒 a 和 b 的质量分别为 $2m$ 和 m , 其电阻大小分别为 $2R$ 和 R , a 和 b 分别静止在 MN 和 PQ 上, 垂直于导轨且相距足够远, 整个装置处于方向竖直向下的匀强磁场中, 磁感应强度大小为 B . 现对金属棒 a 施加水平向右的恒力 F , 两棒运动时始终保持平行且 a 总在 MN 上运动, b 总在 PQ 上运动, 经过足够长时间后, 下列说法正确的是()

A. 金属棒 a 与 b 均做匀速直线运动且距离逐渐减小

B. 金属棒 a 与 b 均做匀变速运动且加速度之比为 1: 2

C. 流过金属棒 a 的电流大小为 $\frac{2F}{5BL}$

D. 回路中的感应电动势保持不变大小为 $\frac{FR}{Bl}$



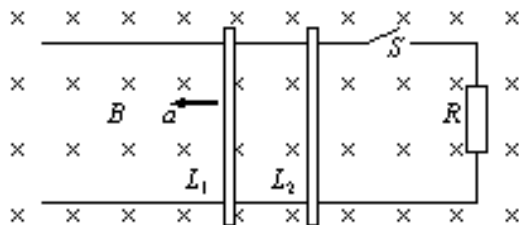
训练 102. 如图所示, 两根足够长的平行金属导轨固定放置于水平面内, 导轨平面处于竖直向下的匀强磁场中, 磁感应强度大小为 0.3T . 导轨间距为 1m , 导轨右端接有 $R=3\Omega$ 的电阻, 两根完全相同的导体棒 L_1 、 L_2 垂直跨接在导轨上, 质量均为 0.1kg , 与导轨间的动摩擦因数均为 0.25 . 导轨电阻不计, L_1 、 L_2 在两导轨间的电阻均为 3Ω . 将电键 S 闭合, 在导体棒 L_1 上施加一个水平向左的变力 F , 使 L_1 从 $t=0$ 时由静止开始以 2m/s^2 的加速度做匀加速运动. 已知重力加速度为 10m/s^2 . 求:

(1) 变力 F 随时间 t 变化的关系式 (导体棒 L_2 尚未运动);

(2) 从 $t=0$ 至导体棒 L_2 由静止开始运动时所经历的时间 T ;

(3) T 时间内流过电阻 R 的电量 q ;

(4) 将电键 S 打开, 最终两导体棒的速度之差 Δv .



十一、其他补充

1. 气体密度公式: $\rho = \frac{MP}{RT}$ 其中: M : 摩尔质量 R : 常量

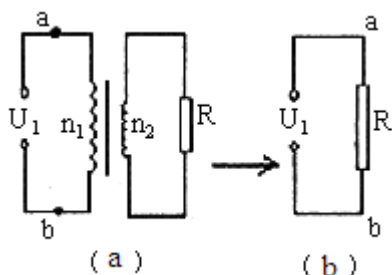
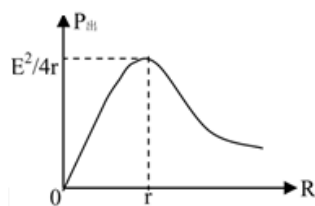
训练 103. 孔明灯又称文灯、天灯, 它是用白结方纸糊制而成的, 燃料燃烧使灯内空气温度升高, 部分气体排出灯体, 自身重力变小, 密度减小, 空气对它的浮力把它托了起来。它携带的燃料可升空漂浮约 1 小时, 开始时像不明飞行体, 升到一定高度后就仿若星星。演变至今已成为一种很有特色的民间风俗。设孔明灯灯体含燃料装置 (不含内部空气) 质量 m_0 , 容积为 V (可以认为排开空气的体积与容积相等), 已知环境温度 T_0 , 空气密度为 ρ_0 , 大气压强 p_0 , 求至少要将内部气体加热到多少度才能使孔明灯漂浮?



★2. 变压器中等效电阻法: 在只有一个副线圈的理想变压器电路中, 原线圈的匝数为 n_1 , 副线圈的匝数为 n_2 , 副线圈

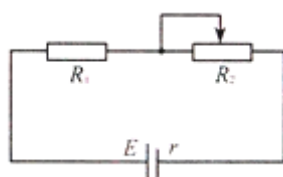
图负载电阻为 R , 则变压器的原、副线和负载电阻可以等效为一个电阻 $R' = \frac{n_1^2}{n_2^2} R$

3. r 时输出功率最大 $P = \frac{E^2}{4r}$.



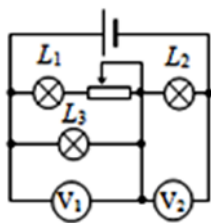
4. 串反并同 (注意: 含变压器电路中一样可以用, 如训练题 107C、D 选项)

训练 104. 如图所示, 电源电动势为 E , 电源内阻为 $r=1\Omega$, 定值电阻 $R_1=4\Omega$, 滑动变阻器 R_2 变化范围是 $0\sim 10\Omega$, 下列说法正确的是 ()



- A. 当 $R_2=3\Omega$ 时, 电源的输出功率最大
 B. 当 $R_2=3\Omega$ 时, R_1 上获得的功率最大
 C. 当 $R_2=0$ 时, 电源的效率最大
 D. 当 $R_2=0$ 时, R_1 上获得的功率最大

训练 105. (多) 如图所示, 电源电动势为 E , 内电阻为 r . 理想电压表 V_1 、 V_2 示数为 U_1 、 U_2 , 其变化量的绝对值分别为 ΔU_1 和 ΔU_2 ; 流过电源的电流为 I , 其变化量的绝对值为 ΔI . 当滑动变阻器的触片从右端滑到左端的过程中 (灯泡电阻不变化) ()

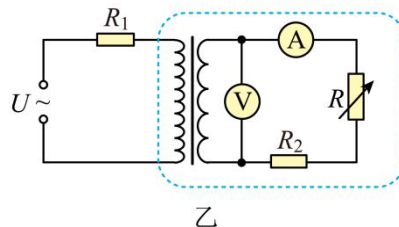
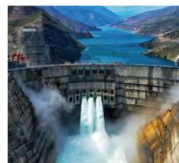


- A. 小灯泡 L_3 变暗, L_1 、 L_2 变亮 B. $\Delta U_1 < \Delta U_2$ C. $\frac{\Delta U_1}{\Delta I}$ 不变 D. $\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$ 不变

训练 106. 如图甲, 白鹤滩水电站是世界第二大水电站, 共安装 16 台我国自主研发的全球单机容量最大功率百万千瓦水轮发电机组。2021 年 6 月 28 日, 白鹤滩水电站首批机组投产发电, 用 500 千伏特高压向四川远距离输电。在远距离输电中, 输电线的电阻是不可忽略的, 如图乙, 为白鹤滩水电站输电线路原理图, 水电站输出电压稳定的正弦交流电, 升至特高压 U 后向四川供电, 输送的总功率为 P 。用户端理想变压器原副线圈匝数分别为 n_1 、 n_2 , R_1 为输电线总电阻, R_2 为不断电用户电阻 (可视为定值电阻), R 为可变用户电阻 (可视为可变电阻)。当可变电阻 R 减小时, 电压表和电流表示数变化的绝对值分别为 ΔU 、 ΔI , 电压表和电流表均为理想电表, 下列说法正确的是 ()

A. $\frac{\Delta U}{\Delta I} = R_2$

B. $\frac{\Delta U}{\Delta I} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 R_1$



C. 对于原线圈回路, 虚线框所圈部分的等效电阻为 $R' = \frac{n_1}{n_2} (R_2 + R)$ 甲

D. 输电线路上的损耗功率为 $P_{\text{损}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R} P$

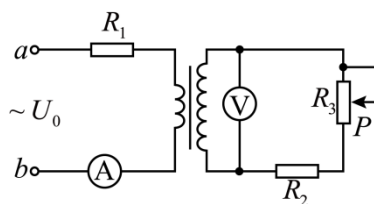
训练 107. (多选) 如图所示。理想变压器原、副线圈匝数比为 1: 3, a 、 b 端接入电压 $U_0 = 6V$ 的正弦式交流电源。电阻 $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, 滑动变阻器 R_3 最大阻值为 30Ω , 此时滑片 P 处于正中间位置, 电表均为理想交流电表, 则 ()

A. R_1 与 R_2 的热功率之比为 1: 3

B. 电流表的示数为 2A

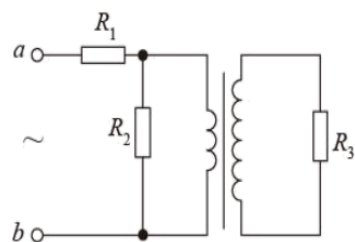
C. 若向上移动 P , 电压表示数变小

D. 若向下移动 P , 电源的输出功率变大



训练 108. (多选)理想变压器与三个阻值相同的定值电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 组成如图所示的电路，变压器原、副线圈的匝数比为 $1:2$ ，在 a 、 b 间接入正弦式交变电流，则下列说法正确的是()

- A. R_1 、 R_2 、 R_3 两端的电压之比为 $2:1:2$
- B. R_1 、 R_2 、 R_3 消耗的功率之比为 $4:1:4$
- C. a 、 b 间输入功率与变压器输入功率之比为 $15:2$
- D. a 、 b 间输入电压与变压器输入电压之比为 $6:1$



高中物理识记内容

★物理学史

1. 牛顿（英国物理学家）——对物理学的贡献：

- ① 牛顿在伽利略、笛卡儿、开普勒、惠更斯等人研究的基础上，采用归纳与演绎、综合与分析的方法，总结出一套普遍适用的力学运动规律——牛顿运动定律和万有引力定律，建立了完整的经典力学（也称牛顿力学或古典力学）体系，物理学从此成为一门成熟的自然科学（牛顿被称为站在巨人的肩膀上、具体有以下一些，所以牛顿肯定在这些人之后）

- ② 经典力学的建立标志着近代自然科学的诞生

经典题目：牛顿发现了万有引力，并总结得出了万有引力定律，卡文迪许用实验测出引力常数（对）

牛顿认为力的真正效应是改变物体的速度，而不仅仅是使之运动（错）

牛顿提出的万有引力定律奠定了天体力学的基础（对）

2. 伽利略（意大利物理学家）——对物理学的贡献：

- ①发现摆的等时性 ②物体下落过程中的运动情况与物体的质量无关（斜面实验：为什么在斜面上做？）

③伽利略的理想斜面实验：将实验与逻辑推理结合在一起探究科学真理的方法为物理学的研究开创了新的一页（通过理想斜面实验指出：在水平面上运动的物体若没有摩擦，将保持这个速度一直运动下去；得出结论：力是改变物体运动的原因，推翻了亚里士多德的力是维持物体运动的原因的错误观点。

经典题目：伽利略根据实验证实了力是使物体运动的原因（错）

★伽利略首先将物理实验事实和逻辑推理（包括数学推理）和谐地结合起来（对）

★伽利略根据理想实验推论出，如果没有摩擦，在水平面上的物体，一旦具有某一个速度，将保持这个速度继续运动下去（对）

3. 胡克（英国物理学家）——对物理学的贡献：胡克定律

经典题目：胡克认为只有在一定的条件下（弹性限度内），弹簧的弹力才与弹簧的形变量成正比（对）

4. 亚里士多德（古希腊）他的观点大多被伽利略推翻！

观点：①重的物体下落得比轻的物体快 ②力是维持物体运动的原因

经典题目：亚里士多德认为物体的自然状态是静止的，只有当它受到力的作用才会运动（对）

5. 开普勒（德国天文学家）——对物理学的贡献：

开普勒三定律（研究行星运动轨迹的定律，怎么运动的，而为什么这么运动则由牛顿的万有引力说明！）

经典题目：开普勒发现了万有引力定律和行星运动规律（错）

6. 卡文迪许（英国物理学家）——贡献：利用扭秤实验测量了万有引力常量 G

典型题目：牛顿第一次通过实验测出了万有引力常量（错）

7. 库仑（法国物理学家）——贡献：利用库仑扭秤发现库仑定律（注意：他只是得到了比例关系，没有测出 k）

典型题目：库仑总结并确认了真空中两个静止点电荷（只能是真空的且必须为点电荷，不是点电荷的有区别）之

间的相互作用（ 对 ）

库仑发现了电流的磁效应（ 错 ）

库仑首先提出了场的概念（ 错 ）

8.密立根（美国物理学家）——贡献：密立根油滴实验——测定元电荷： $e=1.60\times 10^{-19}C$ 。（元电荷就是电子？？）

9.奥斯特（丹麦物理学家）与法拉第（英国物理学家）

奥斯特和法拉第要对比着全看

人物	发现事项	简称	对应的发明
奥斯特	电流的磁效应	电生磁	电动机
法拉第	电磁感应现象	磁生电	发电机

奥斯特——贡献： 电流的磁效应（电流能够产生磁场）（★揭开了研究电磁关系的序幕）

经典题目： 奥斯特最早发现电流周围存在磁场（对）

法拉第根据小磁针在通电导线周围的偏转而发现了电流的磁效应（ 错 ）

10.法拉第（英国物理学家）——贡献：①提出场的概念，并引入电场线和磁感线

②发现了电磁感应现象（即电生磁）

经典题目：奥斯特发现了电流的磁效应，法拉第发现了电磁感应现象（ 对 ）

法拉第发现了磁场产生电流的条件和规律（ 对 ）；

奥斯特对电磁感应现象的研究，将人类带入了电气化时代（ 错 ）

法拉第发现了第电磁感应现象并提出了法拉第电磁感应定律 $E=n\Delta\Phi/\Delta t$ （错）（纽曼和韦伯）

11.安培（法国物理学家）——贡献：

①磁场对电流可以产生作用力（安培力），并且总结出了这一作用力遵循的规律

★②安培分子电流假说：发现两根通有同向电流的平行导线相吸，反向电流的平行导线则相斥，同时提出了安培分子电流假说，并总结出安培定则（右手螺旋定则）判断电流与磁场的相互关系和左手定则判断通电导线在磁场中受到磁场力的方向。

经典题目： 右手定则可以用来判断电流产生的磁场（ 错 ）（右手定则是判断切割磁感线电流方向）

安培最早发现了磁场能对电流产生作用（ 对 ）

安培提出了磁场对运动电荷的作用力公式（ 错 ）

12.焦耳（英国物理学家）——贡献：利用实验得出电流通过导体时产生热效应的规律——焦耳定律

13.洛伦兹（荷兰物理学家）——贡献：1895年发表了磁场对运动电荷的作用力公式（洛伦兹力）

14.楞次——发现了楞次定律（判断感应电流的方向）

15.JJ 汤姆生（英国物理学家）——贡献：

①发现了电子（★揭示了原子具有复杂的结构） ②建立了原子的模型——枣糕模型（也叫西瓜模型）

经典题目：JJ 汤姆生通过对阴极射线的研究发现了电子（ 对 ）

JJ 汤姆孙因为证实电子的波动性获得诺贝尔物理学奖（ 错 ）（是 GP 汤姆孙, JJ 汤姆孙的儿子）

16. ★卢瑟福（英国物理学家）——贡献：

①指导助手进行了 α 粒子散射实验（记住实验现象）；提出了原子的核式结构（记住内容）；

★②发现了质子（记住方程： ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$ ，第一次人工核转变）（并且预言了中子的存在）

经典题目：汤姆生提出原子的核式结构学说，后来卢瑟福用 α 粒子散射实验给予了验证（ 错 ）

卢瑟福的原子核式结构学说成功地解释了氢原子的发光现象（ 错 ）

卢瑟福的 α 粒子散射实验可以估算原子核的大小（ 对 ）

卢瑟福通过对 α 粒子散射实验的研究，揭示了原子核的组成（ 错 ）

17. 玻尔（丹麦物理学家）——贡献：玻尔原子模型（很好的解释了氢原子光谱）

（1）原子只处于一系列不连续的能量状态中，在这些状态中原子是稳定的，电子虽然做加速运动，但并不向外辐射能量，这些状态叫做定态，其中： $E_1 = -13.6\text{eV}$ ， $E_n = E_1/n^2$

（2）原子从一种定态(设能量为 E_1)跃迁到另一种定态(设能量为 E_2)时，它辐射或吸收一定频率的光子，光子的能量由这两种定态的能量差决定，即： $h\nu = E_n - E_m = E_1(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2})$

（3）原子的不同能量状态对应于电子的不同运动轨道。由于原子的能量状态是不连续的，因此电子的可能轨道也是不连续的，即： $r_1 = 0.53 \times 10^{-10}\text{m}$ ， $r_n = n^2 r_1$

经典题目：玻尔把普朗克的量子理论运用于原子系统上，可以解释所有原子光谱规律（ 错 ）

玻尔理论是依据 α 粒子散射实验分析得出的（ 错 ）

玻尔氢原子能级理论的局限性是保留了过多的经典物理理论（ 对 ）

18. 贝克勒尔（法国物理学家）——贡献：发现天然放射现象（★揭示了原子核具有复杂结构）

经典题目：天然放射性是居里夫妇最先发现的（ 错 ）；

贝克勒尔通过对天然放射现象的研究发现了原子的核式结构（ 错 ）

19. 伦琴 ——贡献：发现了伦琴射线（X 射线）

20. 查德威克（卢瑟福的学生）——贡献：发现了中子(用 α 粒子轰击铍核打出中子： ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$)

21. 约里奥·居里和伊丽芙·居里夫妇（小居里夫妇）——贡献：①发现了放射性同位素 ②发现了正电子

★居里夫妇发现正电子： ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^1_0\text{n}$ ——（ ${}^{30}_{15}\text{P}$ 是第一种人工放射性同位素）
 ${}^{30}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{30}_{14}\text{Si} + {}^0_1\text{e}$ ——（ ${}^0_1\text{e}$ 正电子）

经典题目：约里奥·居里夫妇用 α 粒子轰击铝箔时发现电子（ 错 ）

约里奥·居里夫妇第一次发现了人工放射性同位素（ 对 ）

约里奥·居里夫妇在研究天然放射现象时发现了放射性元素镭（ 错 ）（发现镭的是玛丽居里）

22.普朗克（德国）——贡献：量子论（微观粒子的能量值是分立的，即能量量子化）

22.爱因斯坦（美国、瑞士）——贡献：①用光子说解释了光电效应（光电效应现象并不是爱因斯坦发现的）②相对论

经典题目：爱因斯坦提出了量子理论，普朗克提出了光子说（ 错 ）（说反了!）

爱因斯坦用光子说很好地解释了光电效应（ 对 ）

爱因斯坦创立了举世瞩目的相对论，提出了关于核反应的质能方程，并发明了原子弹（ 错 ）

23.★麦克斯韦（英国物理学家）——贡献：

①建立了完整的电磁理论

②预言了电磁波的存在，并且认为光是一种电磁波（★赫兹通过实验证实电磁波的存在）

经典题目：普朗克在前人研究电磁感应的基础上建立了完整的电磁理论（ 错 ）

麦克斯韦通过实验证实了电磁波的存在（ 错 ）（他没有验证电磁波存在，是赫兹，是赫兹!）

★几个需要特别熟悉的核反应方程

(1)卢瑟福用 α 粒子轰击氮核打出质子： ${}^{14}_7N + {}^4_2He \rightarrow {}^{17}_8O + {}^1_1H$ （★发现质子）

(2)贝克勒耳和居里夫人（玛丽居里）发现天然放射现象：

α 衰变： ${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^4_2He$

β 衰变： ${}^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^0_{-1}e$ （★衰变方程左边只有一个原子核）

(3)查德威克用 α 粒子轰击铍核打出中子： ${}^9_4Be + {}^4_2He \rightarrow {}^{12}_6C + {}^1_0n$ （★发现中子）

(4)约里奥·居里和伊丽芙·居里夫妇发现正电子： ${}^{27}_{13}Al + {}^4_2He \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^1_0n$ （★第一次人工放射性同位素）
 ${}^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^0_1e$

(5)轻核聚变： ${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$ （也叫热核反应）

(6)重核裂变： ${}^{235}_{92}U + {}^1_0n \rightarrow {}^{136}_{54}Xe + 10{}^1_0n + {}^{90}_{38}Sr$
 ${}^{235}_{92}U + {}^1_0n \rightarrow {}^{144}_{56}Ba + {}^{89}_{36}Kr + 3{}^1_0n$

★高中物理常用研究方法

★1.理想模型法：为了便于进行物理研究或物理教学而建立的一种抽象的理想客体或理想物理过程，突出事物的主要因素、忽略事物的次要因素的方法。理想模型可分为对象模型(如质点、点电荷、理想变压器等)、条件模型(如光滑表面、轻杆、轻绳、匀强电场、匀强磁场等)和过程模型(在空气中自由下落的物体、抛体运动、匀速直线运动、弹性碰撞、恒定电流等)。

2.理想实验法：在可靠的事实基础上，通过科学推理得出结论的方法，如：伽利略“理想斜面实验”

★3.极限思维法：就是人们把所研究的问题外推到极端情况(或理想状态)，通过推理而得出结论的过程，在用极限思维法处理物理问题时，通常是将参量的一般变化推到极限值，即无限大、零值、临界值和特定值的条件下进行分析和讨论。如公式向心加速度公式的推导。

4.微元法：微元法是指在处理问题时，从对事物的极小部分(微元)分析入手，达到解决事物整体目的的方法。它在解决物理学问题时很常用，思想就是“化整为零”，先分析“微元”，再通过“微元”分析整体。如：匀变速直线运动中位移公式的推导，探究弹簧弹性势能的方法等

★5.比值定义法：就是用两个基本物理量的“比”来定义一个新的物理量的方法，特点是： $A=\frac{B}{C}$ ，但A与B、C均无关。如 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 、 $E=\frac{F}{q}$ 、 $C=\frac{Q}{U}$ 、 $R=\frac{U}{I}$ 、 $B=\frac{F}{IL}$ 、 $\rho=\frac{m}{V}$ 等。

★6.控制变量法：决定某一个现象的产生和变化的因素很多，为了弄清事物变化的原因和规律，必须设法把其中的一个或几个因素用人为的方法控制起来，使它保持不变，研究其他两个变量之间的关系，这种方法就是控制变量法。比如探究加速度与力、质量的关系，就采用了控制变量法。

★7.等效替代法：在研究物理问题时，有时为了使问题简化，常用一个物理量来代替其他所有物理量，但不会改变物理效果。如用合力替代各个分力，用总电阻替代各部分电阻等。

8.类比法：也叫“比较类推法”，是指由一类事物所具有的某种属性，可以推测与其类似的事物也应具有这种属性的推理方法。其结论必须由实验来检验，类比对象间共有的属性越多，则类比结论的可靠性越大。如研究电场力做功时，与重力做功进行类比；认识电流时，用水流进行类比；认识电压时，用水压进行类比。

9.放大法：把物理现象或物理量按照一定规律放大后再进行观察和测量，如：观察微小形变，卡文迪许扭秤实验等

★经典训练题：

1.在人类对物体运动规律的认识过程中，许多物理学家大胆猜想、勇于质疑，取得了辉煌的成就，下列有关科学家及他们的贡献描述中正确的是()

- A.伽利略探究物体下落规律使用的科学方法是：问题→猜想→数学推理→实验验证→合理外推→得出结论
- B.卡文迪许在牛顿发现万有引力定律后，进行了“月—地检验”，将天体间的力和地球上物体的重力统一起来
- C.开普勒潜心研究第谷的天文观测数据，提出行星绕太阳做匀速圆周运动
- D.奥斯特由环形电流和条形磁铁磁场的相似性，提出分子电流假说，解释了磁现象电本质

2.2018年中国散裂中子源(CSNS)迎来验收，目前已建设的3台质谱仪也将启动首批实验。有关中子的研究，下列说法正确的是()

- A. ${}^{234}_{90}\text{Th}$ 核发生一次 α 衰变，新核与原来的原子核相比，中子数减少4
- B.一个氦核和一个氚核经过核反应后生成氦核和中子是原子核衰变反应
- C.卢瑟福通过分析 α 粒子散射实验结果，发现了质子和中子
- D.中子和其他微观粒子一样，都具有波粒二象性

★3. (多选)下列说法正确的是()

- A. ${}^{15}_7\text{N} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^4_2\text{He}$ 是 α 衰变方程 B. ${}^1_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + \gamma$ 是核聚变反应方程
- C. ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$ 是核裂变反应方程 D. ${}^4_2\text{He} + {}^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^1_0\text{n}$ 是原子核的人工转变方程

4. 2021 年 1 月 8 日, 中国科学技术大学宣布, 中国科研团队成功实现了跨越 4600 公里的星地量子密钥分发, 标志着我国已构建出天地一体化广域量子通信网雏形。关于量子 and 量子化, 下列说法错误的是()

- A. 波尔提出轨道量子化和能级, 成功解释了氢原子光谱 B. 爱因斯坦根据光电效应, 提出了光子的概念
- C. 普朗克把量子引入物理学, 破除了“能量连续变化”的传统观念
- D. 量子论中的量子, 实际上就是指“微观粒子”

5. 下列关于科学家对物理学发展所做的贡献正确的是()

- A. 牛顿三大运动定律是研究动力学问题的基石, 牛顿的三大运动定律都能通过现代的实验手段直接验证
- B. 亚里士多德认为重的物体下落得快, 轻的物体下落得慢, 伽利略通过实验和合理的推理提出质量并不是影响物体下落快慢的原因
- C. 奥斯特发现电流的磁效应, 导致法拉第发现电磁感应现象, 后来他又研究得出感应电动势和磁通量的变化率成正比, 使人们对电与磁内在联系的认识更加完善
- D. 伽利略通过万有引力定律计算得出了太阳系中在天王星外还存在着距离太阳更远的海王星, 人们称其为“笔尖下发现的行星”

6. 了解物理规律的发展过程, 学会像科学家那样观察和思考, 往往比掌握知识本身更重要。则以下符合事实的是()

- A. 荷兰物理学家洛伦兹发现了磁场对通电导线的作用力
- B. 库伦提出分子电流假说, 揭示了磁现象的电本质
- C. 丹麦物理学家奥斯特发现了电流的磁效应, 拉开了研究电与磁相互关系的序幕
- D. 安培定则是用来判断通电导线在磁场中所受安培力的方向

★7. 下面说法正确的是()

- A. 在电源内部非静电力做功越多电动势越大 B. 伽利略首先提出了加速度、速度等运动学概念
- C. 静止的电荷一定不受洛伦兹力 D. 电源两端电压与电源电动势总是相等

8. 下列的说法中正确的是()

- A. 奥斯特最早发现了电流的磁效应现象, 并由此而引入了“场”的概念
- B. 伽利略在推导匀变速直线运动位移公式时, 应用了“微元法”也就是微积分的基本原理, 把整个运动过程划分成了很多的小段, 每一小段近似地看作匀速直线运动, 然后把各小段的位移相加的方法
- C. 法拉第首先发现了电磁感应现象, 变压器就是以这一现象作为其工作原理的
- D. 库仑在发现了库仑定律之后, 进一步得出了电场强度 $E = \frac{F}{q}$ 以及磁感应强度 $B = \frac{F}{IL}$ 定义式, 从而总结出了利用比值来定义物理量的方法

9. (多选)在科学发展史上, 很多科学家做出了杰出的贡献他们在物理学的研究过程中应用了很多科学的思想方法下列叙述正确的是()

- A. 法拉第首先提出用电场线描绘抽象的电场, 这是一种形象化的研究方法
- B. 库仑得出库仑定律, 卡文迪许用扭秤实验测出了静电力常量的数值
- C. 用点电荷来代替实际带电体是采用了理想化物理模型的方法
- D. 加速度的表达式和电容的表达式都是利用比值法得到的定义式

10. (多选)在物理学的发展进程中, 科学的物理思想与方法对物理学的发展起到了重要的作用, 下列关于物理思想和方法的说法中正确的是()

- A. 在推导匀变速直线运动位移公式时, 把整个运动过程划分成很多小段, 每一小段近似看作匀速直线运动, 再把各小段位移相加, 这里运用了理想模型法
- B. 质点和点电荷采用的是同一种思想方法
- C. 合力和分力体现了等效替换的思想
- D. 库仑在研究电荷间的相互作用时, 利用了微小量放大法的思想

