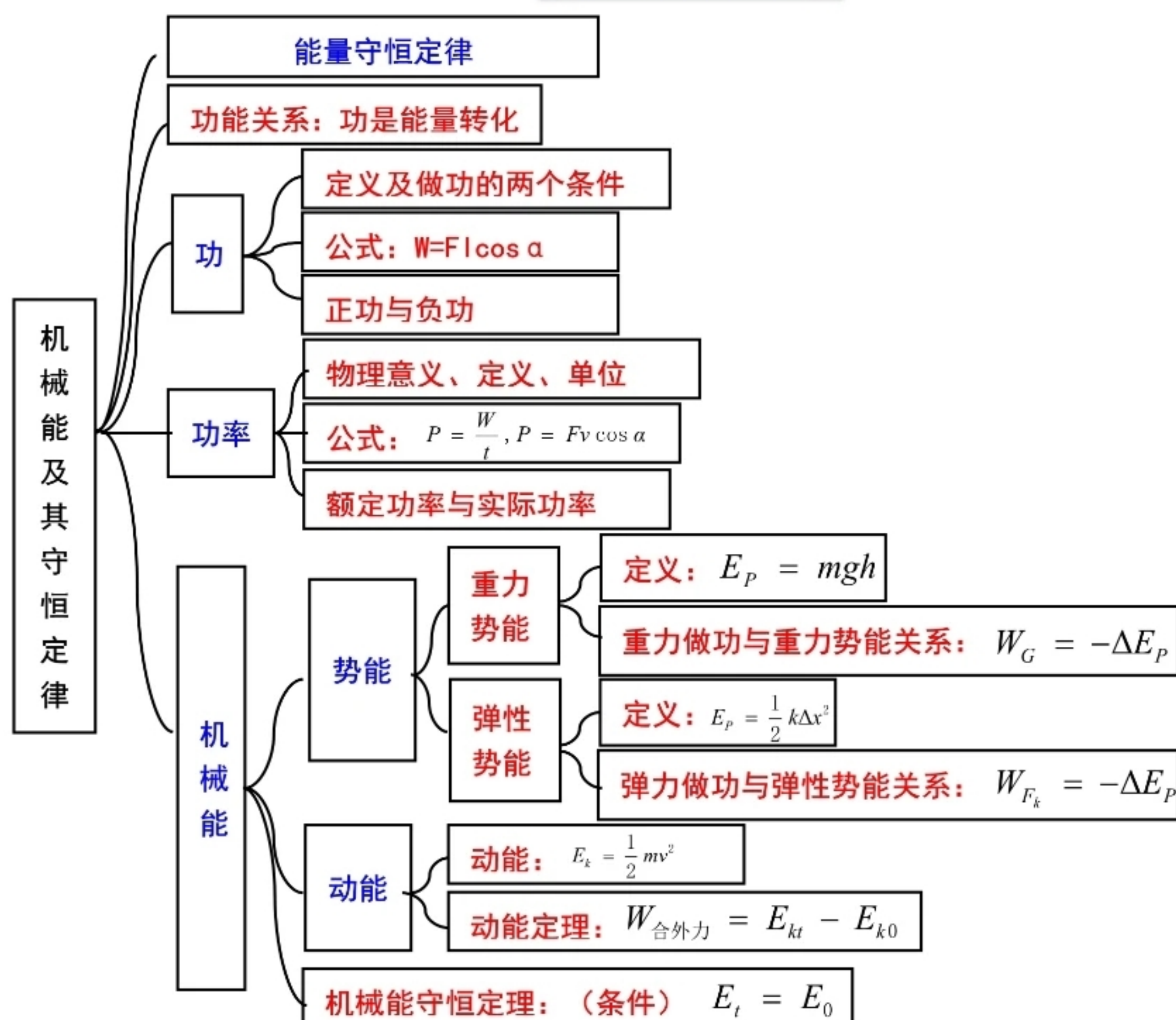


专题 07 机械能及其守恒定律

考点要求

考点内容	要求	课程标准要求
追寻守恒量——能量	b	1. 理解功和功率。了解生产生活中常见机械的功率大小及其意义。 2. 理解动能和动能定理。能用动能定理解释生产生活中的现象。 3. 理解重力势能，知道重力势能的变化与重力做功的关系。定性了解弹性势能。 4. 理解机械能守恒定律，体会守恒观念对认识物理规律的重要性。能用机械能守恒定律分析生产生活中的有关问题。
功	c	
功率	c	
重力势能	c	
弹性势能	b	
动能和动能定理	d	
机械能守恒定律	d	
能量守恒定律与能源	d	

思维导图





一、功

1. 功的定义:力和作用在力的方向上通过的位移的乘积. 是描述力对空间积累效应的物理量, 是过程量.

定义式: $W = Fl \cos \theta$, 其中 F 是力, l 是力的作用点位移 (对地), θ 是力与位移间的夹角.

2. 功的大小的计算方法:

①恒力的功可根据 $W = Fl \cos \theta$ 进行计算, 本公式只适用于恒力做功.

②根据 $W = Pt$, 计算一段时间内平均做功.

③利用动能定理计算力的功, 特别是变力所做的功.

④根据功是能量转化的量度反过来可求功.

⑤摩擦力、空气阻力做功的计算:功的大小等于力和路程的乘积.

发生相对运动的两物体的这一对相互摩擦力做的总功: $W = fd$ (d 是两物体间的相对路程), 且 $W = Q$ (摩擦生热)

⑥总功计算

方法一: 先求合外力 $F_{\text{合}}$, 再用 $W_{\text{合}} = F_{\text{合}} l \cos \theta$ 求功.

方法二: 先求各个力做的功 W_1 、 W_2 、 $W_3 \dots$, 再应用 $W_{\text{合}} = W_1 + W_2 + W_3 \dots$ 求合外力做的功.

方法三: 利用动能定理 $W_{\text{合}} = E_{k\text{末}} - E_{k0}$.

3. 正功与负功

①当 $0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$ 时, $W > 0$, 力对物体做正功.

②当 $\alpha = \frac{\pi}{2}$ 时, $W = 0$, 力对物体不做功.

③当 $\frac{\pi}{2} < \alpha \leq \pi$ 时, $W < 0$, 力对物体做负功, 或者说物体克服这个力做了功.

二、功率

1. 功率的概念:功率是表示力做功快慢的物理量, 是标量. 求功率时一定要分清是求哪个力的功率, 还要分清是求平均功率还是瞬时功率.

2. 功率的计算

①平均功率: $P = \frac{W}{t}$ (定义式) 表示时间 t 内的平均功率, 不管是恒力做功, 还是变力做功,

都适用.

②瞬时功率: $P = Fv \cos \theta$, 式中 θ 为 F 、 v 的夹角.

技巧点拨: 若 v 为瞬时速度, 则 P 为瞬时功率. 若 v 为平均速度, 则 P 为平均功率

3. 额定功率与实际功率

①额定功率: 发动机正常工作时的最大功率.

②实际功率: 发动机实际输出的功率, 它可以小于额定功率, 但不能长时间超过额定功率.

技巧点拨: 交通工具的启动问题通常说的机车的功率或发动机的功率实际是指其牵引力的功率.

三、动能

1. 定义: 物体由于运动而具有的能量叫做动能.

2. 公式: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, 单位: 焦耳(J). $1J = 1N \cdot m = 1kg \cdot m^2 / s^2$.

3. 动能是描述物体运动状态的物理量, 是个状态量.

技巧点拨: 动能和动量的区别和联系

①动能是标量, 动量是矢量, 动量改变, 动能不一定改变; 动能改变, 动量一定改变.

②两者的物理意义不同: 动能和功相联系, 动能的变化用功来量度; 动量和冲量相联系, 动量的变

化用冲量来量度. ③两者之间的大小关系为 $E_k = \frac{p^2}{2m}$

四、动能定理

1. 内容: 力在一个过程中对物体做的功, 等于物体在这个过程中动能的变化.

2. 表达式: $W_{\text{合}} = \frac{1}{2}mv_t^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$.

3. 物理意义: 合力做的功是物体动能变化的量度.

技巧点拨:

①动能是标量, 功也是标量, 所以动能定理是一个标量式, 不存在方向的选取问题. 当然动能定理也就不存在分量的表达式. 例如, 将物体以相同大小的初速度不管从什么方向抛出, 若最终落到地面时速度大小相同, 所列的动能定理的表达式都是一样的.

②高中阶段动能定理中的位移和速度必须相对于同一个参考系, 一般以地面或相对地面静止的物

体为参考系

③动能定理说明了合外力对物体所做的功和动能变化间的因果关系和数量关系,不可理解为功转变成了物体的动能

④合外力做的功为零时,合外力不一定为零(如匀速圆周运动),物体不一定处于平衡状态

⑤动能定理的表达式是在物体受恒力作用且做直线运动的情况下得出的.但它也适用于变力及物体作曲线运动的情况.

⑥应用动能定理只考虑初、末状态,没有守恒条件的限制,也不受力的性质和物理过程的变化影响.所以,凡涉及力和位移,而不涉及力的作用时间的动力学问题,都可以用动能定理分析和解答,而且一般都比用牛顿运动定律和机械能守恒定律简捷.

⑦当物体的运动是由几个物理过程所组成,又不需要研究过程的中间状态时,可以把这几个物理过程看作一个整体进行研究,从而避开每个运动过程的具体细节,具有过程简明、方法巧妙、运算量小等优点.

五、重力势能

1. 定义:地球上的物体具有跟它的高度有关的能量,叫做重力势能

2. 表达式: $E_p = mgh$.

技巧点拨:

①重力势能是地球和物体组成的系统共有的,而不是物体单独具有的.

②重力势能的大小和零势能面的选取有关.

③重力势能是标量,但有“+”、“-”之分.

3. 重力做功的特点:重力做功只决定于初、末位置间的高度差,与物体的运动路径无关.

$$W_G = mg\Delta h.$$

4. 重力做功跟重力势能改变的关系:重力做功等于重力势能增量的负值.即 $W_G = -\Delta E_p$.

六、弹性势能:

1. 定义:发生弹性形变的物体之间,由于有弹力的相互作用而具有的势能

2. 表达式: $E_p = \frac{1}{2} k\Delta x^2$.

3. 弹力做功跟弹性势能改变的关系:弹力做功等于弹性势能增量的负值.即 $W_{F_k} = -\Delta E_p$.

七、机械能守恒定律

1. 机械能：动能和势能（重力势能、弹性势能）统称为机械能， $E = E_k + E_p$ 。

2. 机械能守恒定律

①内容：在只有重力（和弹簧弹力）做功的情形下，物体动能和重力势能（及弹性势能）发生相互转化，但机械能的总量保持不变。

②表达式： $mgh_0 + \frac{1}{2}mv_0^2 = mgh_t + \frac{1}{2}mv_t^2$

3. 机械能是否守恒的三种判断方法

①利用做功判断：若物体或系统只有重力（或弹簧的弹力）做功，虽受其他力，但其他力不做功（或做功代数和为0），则机械能守恒。

②利用能量转化判断：若物体或系统与外界没有能量交换，物体或系统也没有机械能与其他形式能的转化，则机械能守恒。

③利用机械能的定义判断：若物体动能、势能之和不变，则机械能守恒。

④对一些绳子突然绷紧，物体间非弹性碰撞等问题，除非题目特别说明，机械能必定不守恒，完全非弹性碰撞过程机械能也不守恒。

4. 系统机械能守恒的三种表示方式：

①守恒角度：系统初状态机械能的总和与末状态机械能的总和相等，即 $E_1 = E_2$

技巧点拨：选好重力势能的参考平面，且初、末状态必须用同一参考平面计算势能

②转化角度：系统减少（或增加）的重力势能等于系统增加（或减少）的动能，即 $\Delta E_k = -\Delta E_p$

技巧点拨：分清重力势能的增加量或减少量，可不选参考平面而直接计算初、末状态的势能差

③转移角度：系统内 A 部分物体机械能的增加量等于 B 部分物体机械能的减少量，即 $\Delta E_{A\text{增}} = \Delta E_{B\text{减}}$

技巧点拨：常用于解决两个或多个物体组成的系统的机械能守恒问题

技巧点拨：解题时究竟选取哪一种表达形式，应根据题意灵活选取；需注意的是：选用①式时，必须规定零势能参考面，而选用②式和③式时，可以不规定零势能参考面，但必须分清能量的减少量和增加量。

八、功能关系

1. 当只有重力（或弹簧弹力）做功时，物体的机械能守恒。

2. 重力对物体做的功等于物体重力势能的减少: $W_G = -\Delta E_p$.

3. 合外力对物体所做的功等于物体动能的变化: $W_{\text{合}} = E_{k1} - E_{k0}$ (动能定理)

4. 除了重力(或弹簧弹力)之外的力对物体所做的功等于物体机械能的变化:

$$W_{\text{除重力弹力外其他力}} = E_t - E_0$$

九、能量和动量的综合运用

动量与能量的综合问题, 是高中力学最重要的综合问题, 也是难度较大的问题. 分析这类问题时, 应首先建立清晰的物理图景, 抽象出物理模型, 选择物理规律, 建立方程进行求解.

这一部分的主要模型是碰撞. 而碰撞过程, 一般都遵从动量守恒定律, 但机械能不一定守恒, 对弹性碰撞就守恒, 非弹性碰撞就不守恒, 总的能量是守恒的, 对于碰撞过程的能量要分析物体间的转移和转换. 从而建立碰撞过程的能量关系方程. 根据动量守恒定律和能量关系分别建立方程, 两者联立进行求解, 是这一部分常用的解决物理问题的方法.



一、各种力的做功特点

1. 重力、弹簧弹力、电场力做功与位移有关, 与路径无关.

2. 滑动摩擦力、空气阻力、安培力做功与路径有关.

3. 摩擦力做功有以下特点

①一对静摩擦力所做功的代数和总等于零;

②一对滑动摩擦力做功过程中会发生物体间机械能的转移, 做功的代数和总是负值, 差值为机械能转化为内能的部分, 也就是系统机械能的损失量, 损失的机械能会转化为内能, 内能 $Q = F_f x_{\text{相对}}$;

③两种摩擦力对物体都可以做正功, 也可以做负功, 还可以不做功.

技巧点拨: 三步求解相对滑动物体的能量问题

①正确分析物体的运动过程, 做好受力分析.

②利用运动学公式, 结合牛顿第二定律分析物体的速度关系及位移关系, 求出两个物体的相对位移.

③代入公式 $Q = f \cdot x_{\text{相对位移}}$ 计算, 若物体在传送带上做往复运动, 则为相对路程

$$Q = f \cdot s_{\text{相对路程}}$$

《机械能守恒定律》专题练习 G 卷

一、选择题（每小题 3 分，共 48 分。在每小题给出的四个选项中，有的小题只有一个选项正确，有的小题有多个选项正确，全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分）

1. (3 分) 关于重力势能，下列说法中正确的是 ()

- A. 重力势能可取负值
- B. 重力势能为零的物体，不可能对别的物体做功
- C. 物体做匀速直线运动时，其重力势能一定不变
- D. 只要重力做功，物体的重力势能一定变化

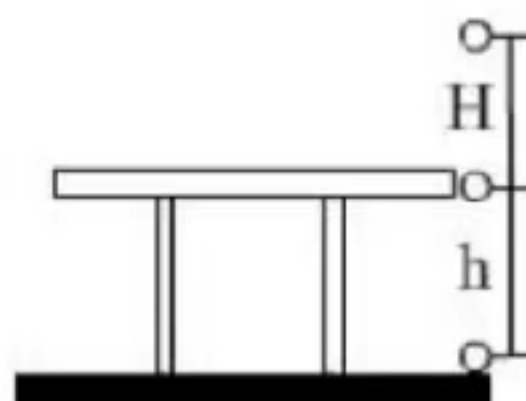
2. (3 分) 下述说法正确的是 ()

- A. 物体所受的合力为零，机械能一定守恒
- B. 物体所受合力不为零，机械能一定不守恒
- C. 物体受到重力、弹力以外的力作用时，机械能一定不守恒
- D. 物体在重力、弹力以外的力做功时，机械能一定不守恒

3. (3 分) 以 20m/s 的速度将质量为 m 的物体从地面竖直上抛，若忽略空气阻力， g 取 10m/s^2 ，物体上升过程中距地面的高度为多少时物体的重力势能和动能相等 ()

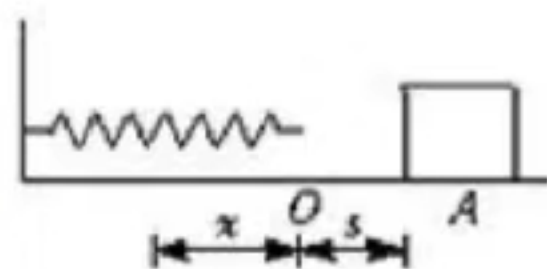
- A. 5m B. 10m C. 15m D. 20m

4. (3 分) 如图所示，桌面高度为 h ，质量为 m 的小球，从离桌面高 H 处自由落下，不计空气阻力，假设桌面处的重力势能为零，小球落到地面前瞬间的机械能应为 ()



- A. mgh B. mgH
C. $mg(H+h)$ D. $mg(H-h)$

5. (3 分) 如图所示，轻弹簧一端固定在挡板上。质量为 m 的物体以初速度 v_0 沿水平面开始运动，起点 A 与轻弹簧自由端 O 距离为 s ，物体与水平面间的动摩擦因数为 μ ，物体与弹簧相碰后，弹簧的最大压缩量为 x ，则弹簧被压缩最短时，弹簧具有的弹性势能为 ()



- A. $\frac{1}{2}mv_0^2 - \mu mgx$ B. $\frac{1}{2}mv_0^2 - \mu mg(s+x)$
C. $Mmgs$ D. $\mu mg(s+x)$

6. (3 分) 质量为 m 的物体，由静止开始下落，由于阻力的作用，下落的加速度为 $\frac{4g}{5}$ ，在物体下落高度为 h 的过程中，下列说法正确的是 ()

- A. 物体的动能增加了 $\frac{4mgh}{5}$
- B. 物体的机械能减少了 $\frac{4mgh}{5}$
- C. 物体克服阻力做功 $\frac{mgh}{5}$
- D. 物体的重力势能减少了 mgh

7. (3 分) 质量为 m 的物体，从静止开始以 $2g$ 的加速度竖直向下运动的位移为 h ，空气阻力忽略不计，下列说法正确的是 ()

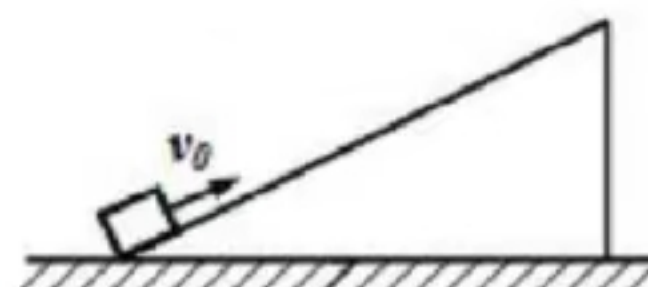
- A. 物体的重力势能减少 mgh
- B. 物体的动能增加 $2mgh$
- C. 物体的机械能减少 mgh
- D. 物体的机械能保持不变

8. (3 分) 如图所示，物体沿斜面向上运动，经过 A 点时具有动能 100J ，当它向上滑行到 B 点时，动能减少了 80J ，机械能损失了 20J ，则物体回到 A 点时的动能为 ()



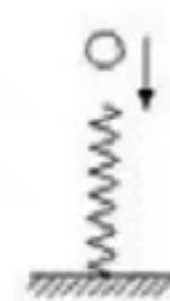
- A. 100J B. 50J C. 20J D. 60J

9. (3 分) 如图所示，物块以 60J 的初动能从斜面底端沿斜面向上滑动，当它的动能减少为零时，重力势能增加了 45J ，则物块回到斜面底端时的动能为 ()



- A. 15J B. 20J C. 30J D. 45J

10. (3 分) 如图所示，小球从高处下落到竖直放置的轻弹簧上，在弹簧压缩到最短的整个过程中，下列关于能量的叙述中正确的是 ()



- A. 重力势能和动能之和逐渐增大
- B. 重力势能和弹性势能之和先减小后增大
- C. 动能和弹性势能之和逐渐减小
- D. 重力势能、弹性势能和动能之和总保持不变



扫码查看答案讲解

11. (3分) NBA 篮球赛非常精彩,吸引了众多观众.经常有这样的场面:在临终场 0.1s 的时候,运动员把球投出且准确命中,获得比赛的胜利.如果运动员投篮过程中对篮球做功为 W , 出手高度为 h_1 , 篮筐距地面高度为 h_2 , 篮球的质量为 m , 空气阻力不计, 则篮球进筐时的动能为 ()

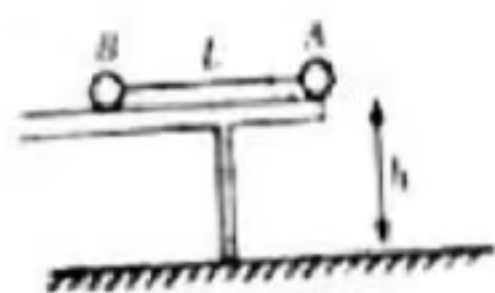
- A. $W+mgh_1-mgh_2$ B. $W+mgh_2-mgh_1$
C. mgh_1+mgh_2-W D. mgh_2-mgh_1-W

12. (3分) 我国成功发射的“神舟五号”载人飞船, 经过 21h 的太空飞行, 返回舱于次日安全着陆. 已知飞船在太空中运行的轨道是一个椭圆, 椭圆的一个焦点是地球的球心, 如图所示, 飞船在飞行中是无动力飞行, 只受到地球的万有引力作用, 在飞船从轨道的 A 点沿箭头方向运行到 B 点的过程中 (不考虑地球的运动), 以下说法正确的是 ()



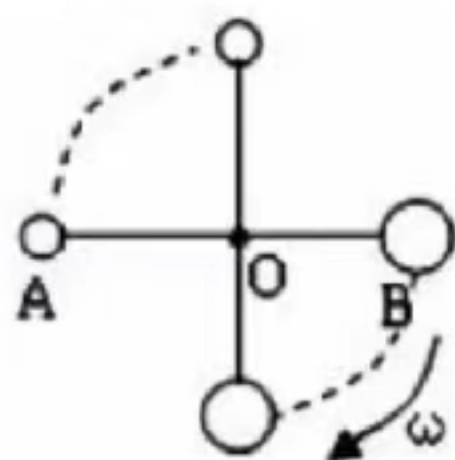
- A. 飞船的速度逐渐增大 B. 飞船的速度逐渐减小
C. 飞船的机械能守恒 D. 飞船的机械能逐渐增大

13. (3分) 如图所示, 质量为 $3m$ 和 m 的小球 A 和 B, 系在长为 L 的细线两端, 桌面水平光滑, 高 h ($h < L$). A 球无初速度从桌边滑下, 落在沙地上静止不动, 则 B 球离开桌边的速度为 ()



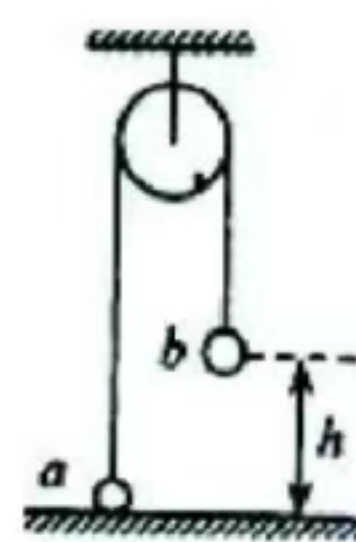
- A. $\sqrt{\frac{3gh}{2}}$ B. $\sqrt{2gh}$ C. $\sqrt{\frac{gh}{3}}$ D. $\sqrt{\frac{gh}{6}}$

14. (3分) 如图所示, A 和 B 两个小球固定在轻杆的两端, 质量分别为 m 和 $2m$, 此杆可绕穿过其中心的水平轴 O 无摩擦转动. 现使轻杆从水平位置无初速释放, 发现杆绕 O 沿顺时针方向转动, 则轻杆从释放起到转动 90° 的过程中 ()



- A. B 球的重力势能减少, 动能增加
B. A 球的重力势能增加, 动能减少
C. 轻杆对 A 球做正功对 B 球做负功
D. A 球和 B 球的总机械能是守恒的

15. (3分) 如图所示, 一很长的、不可伸长的柔软轻绳跨过光滑定滑轮, 绳两端各系一小球 a 和 b. a 球质量为 m , 静置于地面; b 球质量为 $3m$, 用手托住, 高度为 h , 此时轻绳刚好拉紧. 从静止开始释放 b 后, a 能离地面的最大高度为 ()



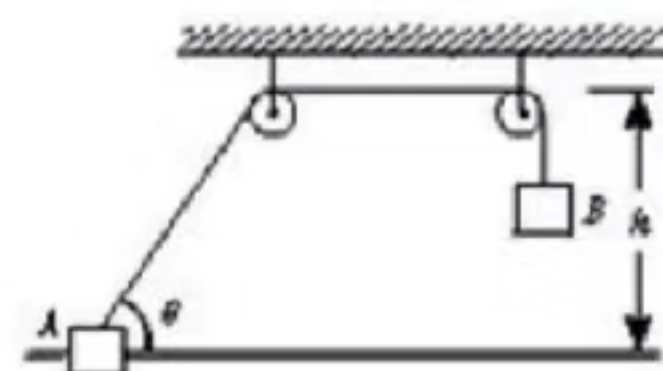
- A. H B. $1.5h$ C. $1.6h$ D. $2.2h$

16. (3分) 水平传送带匀速运动, 速度大小为 v , 现将一小工件放到传送带上. 设工件初速为零, 当它在传送带上滑动一段距离后速度达到 v 而与传送带保持相对静止. 设工件质量为 m , 它与传送带间的滑动摩擦系数为 μ , 则在工件相对传送带滑动的过程中 ()

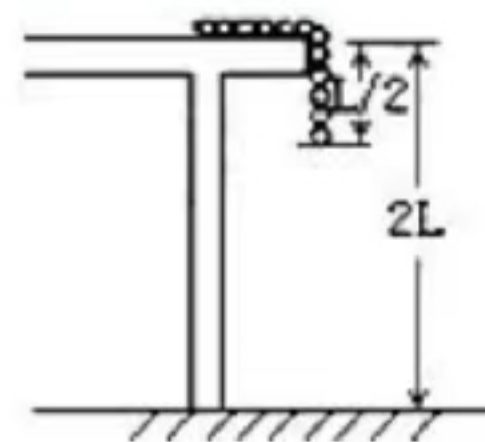
- A. 滑动摩擦力对工件做的功为 $\frac{mv^2}{2}$
B. 工件的机械能增量为 $\frac{mv^2}{2}$
C. 工件相对于传送带滑动的路程大小为 $\frac{v^2}{2\mu g}$
D. 传送带对工件做功为零

二、填空题 (每空 2 分, 共 20 分)

17. (2分) 如图所示, 跨过同一高度处的光滑滑轮的细线连接着质量相同的物体 A 和 B. A 套在光滑水平杆上, 定滑轮离水平杆高度为 $h=0.2m$. 开始让连 A 的细线与水平杆夹角 $\theta=53^\circ$, 由静止释放, 在以后的过程中 A 所能获得的最大速度为 _____ m/s ($\cos 53^\circ = 0.6$, $\sin 53^\circ = 0.8$, $g=10m/s^2$)

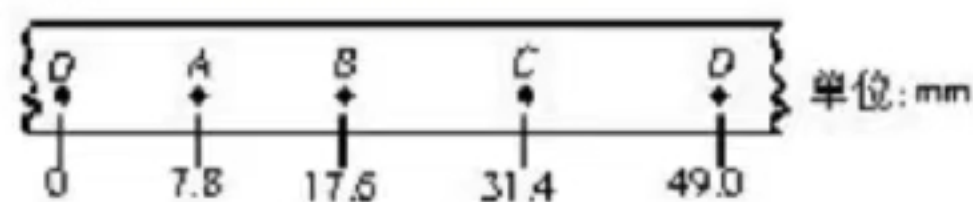


18. (2分) 光滑的水平桌面离地面高度为 $2L$, 在桌边缘, 一根长 L 的软绳, 一半搁在水平桌面上, 一半自然下垂于桌面下. 放手后, 绳子开始下落. 试问, 当绳子下端刚触地时, 绳子的速度是 _____.



19. (16分) 验证机械能守恒定律的实验采用重物自由下落的方法:

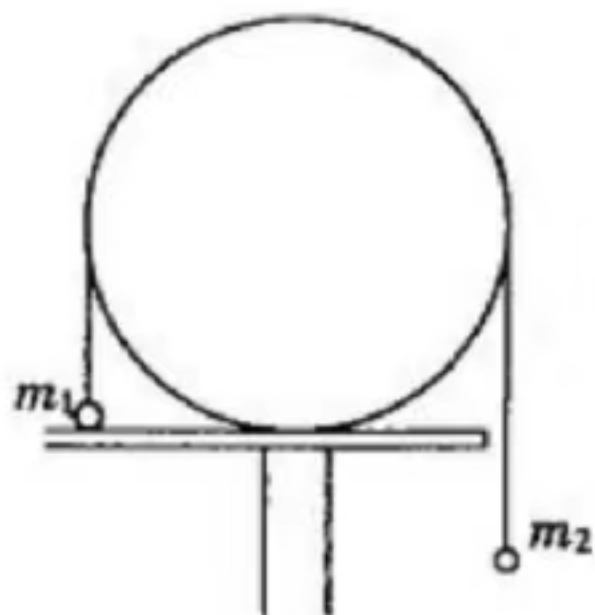
- (1) 所选择的纸带第1, 2 两点间距应接近_____。
- (2) 若实验中所用重锤质量 $m=1\text{kg}$, 打点纸带 O 点为第一个点, 各点距 O 距离如图所示, 打点时间间隔为 0.02s , 则记录 B 点时重锤的速度 $v_B = \underline{\hspace{2cm}}$, 重锤动能 $E_{KB} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。从开始下落起至 B 点, 重锤的重力势能减少量是 $E_P = \underline{\hspace{2cm}}$, 因此可以得出的结论是_____。
- (3) 即使在实验操作规范, 数据测量及数据处理很准确的前提下, 该实验求得的重锤的重力势能减少量 ΔE_P 也一定略_____重锤的动能增加量 ΔE_K (填大于或小于), 这是实验存在系统误差的必然结果, 该系统误差产生的主要原因是_____, 减小误差的办法是_____。



三、解答题 (共 32 分, 写出必要的演算过程、解题步骤及重要关系式, 并得出结果)

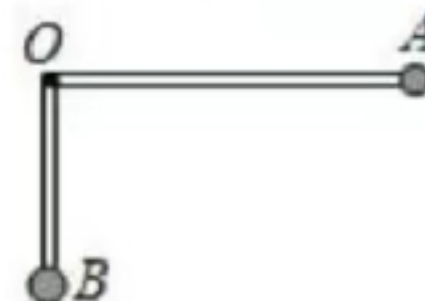
20. (10分) 如图所示, 光滑圆柱半径为 R , 被固定在水平平台上, 用轻绳跨过圆柱体与两小球 m_1 、 m_2 相连 (m_1 、 m_2 分别为它们的质量), 开始时让 m_1 放在平台上, 两边绳绷紧直, 两球从静止开始 m_1 上升, m_2 下降。当 m_1 上升到圆柱的最高点时, 球 m_1 对轨道的压力 $0.2m_1g$, 求:

- (1) 小球 m_1 上升到圆柱的最高点时, 速度多大? (用 g 、 R 表示)
- (2) 两球从静止开始至 m_1 上升到圆柱的最高点, 系统减少的势能为多少?
- (3) m_2 应为 m_1 的多少倍?



21. (10分) 如图所示, 质量分别为 $2m$ 和 $3m$ 的两个小球固定在一根直角尺的两端 A、B, 直角尺的顶点 O 处有光滑的固定转动轴。AO、BO 的长分别为 $2L$ 和 L 。开始时直角尺的 AO 部分处于水平位置而 B 在 O 的正下方。让该系统由静止开始自由转动, 求:

- (1) 当 A 到达最低点时, A 小球的速度大小 v ;
- (2) B 球能上升的最大高度 h ;
- (3) 开始转动后 B 球可能达到的最大速度 v_m 。



22. (12分) 如图, 足够长光滑斜面的倾角为 $\theta=30^\circ$, 竖直的光滑细杆到定滑轮的距离为 $a=3\text{m}$, 斜面上的物体 M 和穿过细杆的 m 通过跨过定滑轮的轻绳相连, 开始保持两物体静止, 连接 m 的轻绳处于水平状态, 放手后两物体从静止开始运动, 已知 $M=5.5\text{kg}$, $m=3.6\text{kg}$, $g=10\text{m/s}^2$.

- (1) 求 m 下降 $b=4\text{m}$ 时两物体的速度大小各是多大?
- (2) 若 m 下降 $b=4\text{m}$ 时恰绳子断了, 从此时算起 M 最多还可以上升的高度是多大?

