

2024 北京清华附中高三 10 月月考

物 理

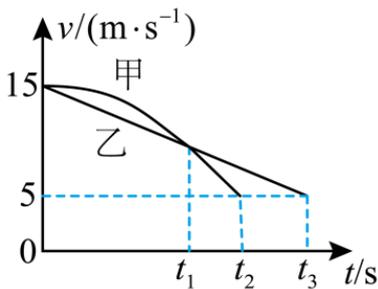
2024 年 10 月 9 日

一、本题共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。在每小题给出的四个选项中，只有一个选项是符合题目要求的。

1. 有关运动与相互作用的关系，下列说法正确的是 ()

- A. 一个物体速度向东，则其受合力一定向东
- B. 一个物体受合力为 0，则其速度一定为 0
- C. 一个物体速度越大，则其受合力一定越大
- D. 一个物体受合力越大，则其速度变化一定越快

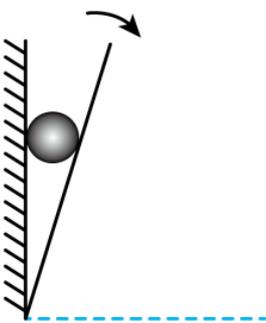
2. ETC 是高速公路上不停车电子收费系统的简称。汽车在进入 ETC 通道感应识别区前需要减速至 5m/s ，然后匀速通过感应识别区。甲、乙两辆以 15m/s 的速度行驶的汽车在进入 ETC 通道感应识别区前都恰好减速至 5m/s ，减速过程的 $v-t$ 图像如图所示，则 ()



- A. t_1 时刻甲车的速度大于乙车的速度
- B. $0 \sim t_1$ 时间内甲、乙两车的平均速度相同
- C. $0 \sim t_1$ 时间内甲、乙两车的速度变化量相同
- D. t_1 时刻甲、乙两车距感应识别区的距离相同

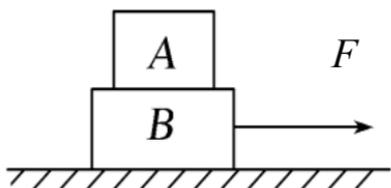


3. 如图，一小球放置在木板与竖直墙面之间。设墙面对球的压力大小为 N_1 ，球对木板的压力大小为 N_2 。以木板与墙连接点所形成的水平直线为轴，将木板从图示位置开始缓慢地转到水平位置。不计摩擦，在此过程中 ()



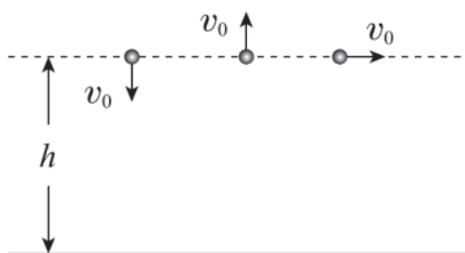
- A. N_1 始终减小， N_2 始终减小
- B. N_1 始终减小， N_2 始终增大
- C. N_1 先增大后减小， N_2 始终减小
- D. N_1 先增大后减小， N_2 先减小后增大

4. 如图所示，光滑水平桌面上木块 A 、 B 叠放在一起，木块 B 受到一个大小为 F 水平向右的力， A 、 B 一起向右运动且保持相对静止。已知 A 的质量为 m ， B 的质量为 $2m$ ，重力加速度为 g 。下列说法正确的是（ ）

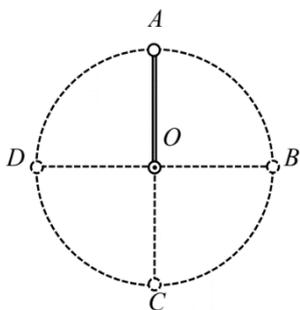


- A. 木块 A 受到两个力的作用 B. 木块 B 受到四个力的作用
 C. 木块 A 所受合力大小为 $\frac{F}{3}$ D. 木块 B 受到 A 的作用力大小为 $\sqrt{(mg)^2 + F^2}$

5. 如图所示，在距地面同一高度处将三个相同的小球以相同的速率分别沿竖直向下、竖直向上、水平向右的方向抛出，不计空气阻力，比较这三个小球从抛出到落地的过程，下列说法正确的是（ ）

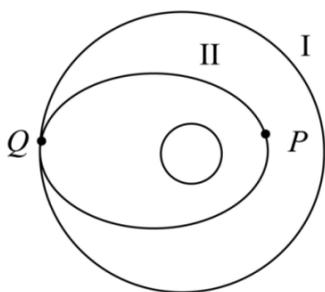


- A. 重力对每个小球做的功都各不相同
 B. 重力对每个小球的冲量都各不相同
 C. 每个小球落地时的速度都各不相同
 D. 每个小球落地时重力做功的瞬时功率都各不相同
6. 如图所示，长为 L 的杆一端固定在过 O 点的水平转轴上，另一端固定质量为 m 的小球。杆在电动机的驱动下在竖直平面内旋转，带动小球以角速度 ω 做匀速圆周运动，其中 A 点为最高点， C 点为最低点， B 、 D 点与 O 点等高。已知重力加速度为 g ，下列说法正确的是（ ）



- A. 小球在 B 、 D 两点受到杆的作用力大于 mg
 B. 小球在 A 、 C 两点受到杆的作用力大小的差值为 $6mg$
 C. 小球在 B 、 D 两点受到杆的作用力大小等于 $m\omega^2 L$
 D. 小球从 A 点到 B 点的过程，杆对小球做的功等于 mgL

7. 嫦娥五号探测器（以下简称探测器）经过约 112 小时奔月飞行，在距月面约 400km 环月圆形轨道成功实施 3000N 发动机点火，约 17 分钟后，发动机正常关机。根据实时遥测数据监视判断，嫦娥五号探测器近月制动正常，从近圆形轨道 I 变为近月点高度约 200km 的椭圆轨道 II，如图所示。已知月球的直径约为地球的 $\frac{1}{4}$ ，质量约为地球的 $\frac{1}{81}$ ，请通过估算判断以下说法正确的是（ ）

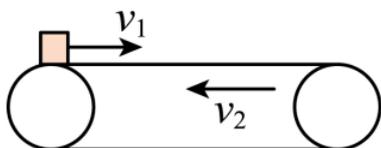


- A. 月球表面的重力加速度与地球表面的重力加速度之比为 4 : 81
- B. 月球的第一宇宙速度与地球的第一宇宙速度之比为 2 : 9
- C. 一嫦娥五号 I 进入环月椭圆轨道 II 后关闭发动机，探测器从 Q 点运行到 P 点过程中机械能增加
- D. 关闭发动机后的一嫦娥五号 I 不论在轨道 I 还是轨道 II 运行，一嫦娥五号 I 探测器在 Q 点的速度大小都相同

8. 木星“冲日”是指地球、木星在各自轨道上运行到太阳、地球和木星排成一条直线或近乎一条直线，地球位于太阳与木星之间，一冲日时木星距离地球最近，也最明亮。已知木星的公转周期约为 12 年，质量约为地球质量的 320 倍，半径约为地球半径的 11 倍，下列说法正确的是（ ）

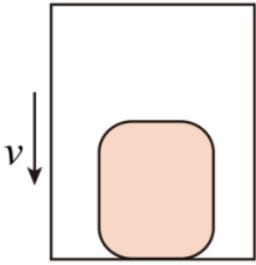
- A. 地球运行的加速度比木星的小
- B. 木星与地球公转轨道半径之比约为 12 : 1
- C. 木星与地球密度之比约为 4 : 1
- D. 此次“冲日”现象后，经过约 1.09 年会再次出现

9. 足够长的传送带水平放置，在电动机的作用下以速度 v_2 逆时针匀速转动，一质量为 m 的小煤块以速度 v_1 滑上水平传送带的左端，且 $v_1 > v_2$ 。小煤块与传送带间的动摩擦因数 μ ，重力加速度大小为 g 。下列说法正确的是（ ）



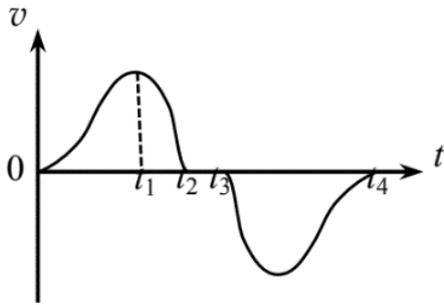
- A. 煤块在传送带上运动的时间为 $\frac{2(v_1 + v_2)}{\mu g}$
- B. 煤块在传送带上的痕迹长为 $\frac{(v_1 + v_2)^2}{2\mu g}$
- C. 传送带与煤块摩擦产生的热量为 $\frac{1}{2}m(v_1^2 - v_2^2)$
- D. 传送带克服煤块的摩擦力做功为 $mv_1(v_1 + v_2)$

10. 直升机悬停在空中，由静止开始投放装有物资的箱子，箱子下落时所受的空气阻力与箱子下落的速度成正比，下落过程中箱子始终保持图示状态。下列说法正确的是（ ）



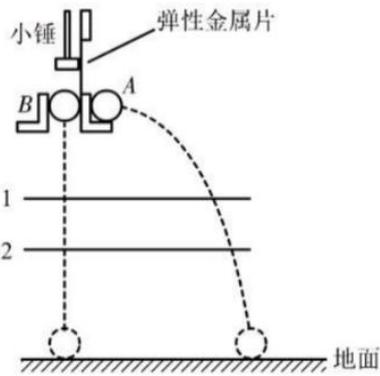
- A. 箱子接近地面时，箱内物体受到的支持力比刚释放时大
- B. 下落过程中箱内物体的加速度逐渐增大
- C. 下落过程中箱内物体的机械能增大
- D. 如下落距离足够大时，箱内物体可能不受箱子底部的支持力作用

11. 2023 年，我国“双曲线二号”火箭完成垂直起降飞行试验，意味着运载火箭的可重复使用技术取得了重要突破。试验过程中，火箭持续向下喷射燃气获得竖直向上的推力，若地面测控系统测出火箭竖直起降全过程的 $v-t$ 图像如图所示，火箭在 $t=0$ 时刻离开地面，在 t_4 时刻落回起点。不计空气阻力及火箭质量的变化，下列说法正确的是（ ）



- A. 在 t_1 时刻，火箭上升到最高位置
- B. 在 $0 \sim t_1$ 时间内，火箭受到的推力先增大后逐渐减小为零
- C. 在 $t_1 \sim t_2$ 时间内，火箭动能的减少量小于重力势能的增加量
- D. 在 $t_3 \sim t_4$ 时间内，火箭处于失重状态

12. 在课堂中，老师用如图所示的实验研究平抛运动。 A 、 B 是质量相等的两个小球，处于同一高度。用小锤打击弹性金属片，使 A 球沿水平方向飞出，同时松开 B 球， B 球自由下落。某同学设想在两小球下落的空间中任意选取两个水平面 1、2，小球 A 、 B 在通过两水平面的过程中，动量的变化量分别为 Δp_A 和 Δp_B ，动能的变化量分别为 ΔE_{kA} 和 ΔE_{kB} ，忽略一切阻力的影响，下列判断正确的是（ ）



- A. $\Delta p_A = \Delta p_B, \Delta E_{kA} = \Delta E_{kB}$ B. $\Delta p_A \neq \Delta p_B, \Delta E_{kA} \neq \Delta E_{kB}$
 C. $\Delta p_A \neq \Delta p_B, \Delta E_{kA} = \Delta E_{kB}$ D. $\Delta p_A = \Delta p_B, \Delta E_{kA} \neq \Delta E_{kB}$

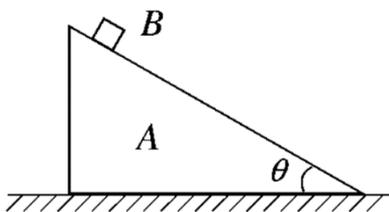
13. 一名连同装备总质量为 M 的航天员，脱离宇宙飞船后，在离飞船 x 处与飞船处于相对静止状态。装备中有一个高压气源能以速度（以飞船为参考系）喷出气体从而使航天员运动。如果航天员一次性向后喷出质量为 Δm 的气体，且在规定时间内返回飞船。下列说法正确的是（ ）

- A. 喷出气体的质量 Δm 等于 $\frac{Mx}{vt}$
 B. 若高压气源喷出气体的质量不变但速度变大，则返回时间大于 t
 C. 若高压气源喷出气体的速度变大但动量不变，则返回时间大于 t
 D. 在喷气过程中，航天员、装备及气体所构成的系统动量和机械能均守恒

14. 有一些问题你可能不会求解，但是你仍有可能对这些问题的解是否合理进行分析和判断。例如从解的物理量单位，解随某些已知量变化的趋势，解在一些特殊条件下的结果等方面进行分析，并与预期结果、实验结论等进行比较，从而判断解的合理性或正确性。

举例如下。如图所示，质量为 M 、倾角为 θ 的滑块 A 放于水平地面上。把质量为 m 的滑块 B 放在 A 的斜面上，忽略一切摩擦，有人求得 B 相对地面的加速度 $a = \frac{M+m}{M+m\sin^2\theta} g\sin\theta$ ，式中 g 为重力加速度。

对于上述解，某同学首先分析了等号右侧量的单位，没发现问题。他进一步利用特殊条件对该解做了四项分析和判断，所得结论都是“解可能是对的”但是，其中有一项是错误的。请你指出该项（ ）



- A. 当 $\theta = 0^\circ$ 时，该解给出 $a = 0$ ，这符合常识，说明该解可能是对的
 B. 当 $\theta = 90^\circ$ 时，该解给出 $a = g$ ，这符合实验结论，说明该解可能是对的
 C. 当 $M \gg m$ 时，该解给出 $a \approx g\sin\theta$ ，这符合预期的结果，说明该解可能是对的
 D. 当 $m \gg M$ 时，该解给出 $a \approx \frac{g}{\sin\theta}$ ，这符合预期的结果，说明该解可能是对的

二、本题共 2 小题，共 18 分。把答案填在答题纸相应的横线上。

15. (8 分) 图 1 为“验证机械能守恒定律”的实验装置。

(1) 实验中，先接通电源，再释放重物，得到图 2 所示的一条纸带。在纸带上选取三个连续打出的点 A、B、C，测得它们到起始点 O 的距离分别为 h_A 、 h_B 、 h_C 。已知当地重力加速度为 g ，打点计时器打点的周期为 T 。设重物的质量为 m 。从打 O 点到打 B 点的过程中，重物的重力势能变化量 $\Delta E_p = \underline{\hspace{2cm}}$ ，动能变化量 $\Delta E_k = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

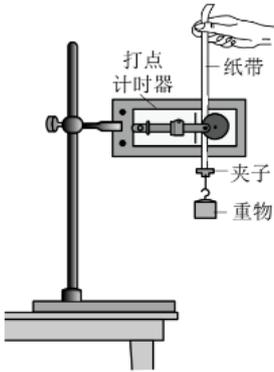


图 1

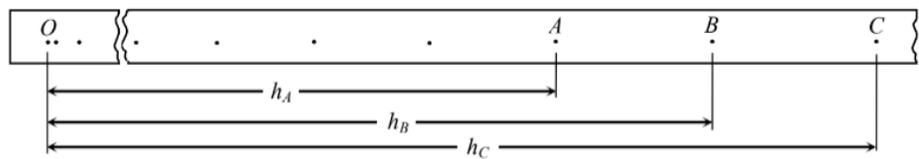
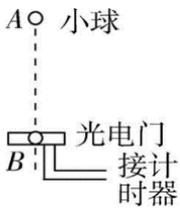
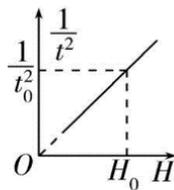


图 2

(2) 如图甲所示，利用光电计时器等器材做验证机械能守恒定律的实验。有一直径为 d 、质量为 m 的金属小球从 A 处由静止释放，下落过程中能通过 A 处正下方、固定于 B 处的光电门，测得 A、B 间的高度差 H ($H \gg d$)，光电计时器记录下小球通过光电门的时间为 t ，当地的重力加速度为 g 。则



甲



乙



①多次改变 H ，重复上述实验，作出 H 随 $\frac{1}{t^2}$ 的变化图像。如图乙所示，当图中已知量 t_0 、 H_0 和重力加速度 g 及球的直径 d 满足表达式 $\underline{\hspace{2cm}}$ 时，可判断小球下落过程中机械能守恒。

②实验中，因受空气阻力的影响，小球的动能增加量 ΔE_K 总是稍小于重力势能减少量 ΔE_P 适当降低下落高度后 $\Delta E_P - \Delta E_K$ 将 $\underline{\hspace{2cm}}$ (选填“增加”“减少”或“不变”)。

16. (10 分) 某同学用如图 1 所示的装置来完成“验证动量守恒定律”实验。用天平测量小球 1 和 2 的质量分别为 m_1 、 m_2 ，且 $m_1 > m_2$ 。在木板上铺一张白纸，白纸上铺放复写纸，记下重锤线所指的位置 O。先不放球 2，使球 1 从斜槽上某一点 S 由静止滚下，多次实验，找到其落点的平均位置 P。再把球 2 静置于斜槽轨道末端，让球 1 仍从 S 处由静止释放，与球 2 相碰后两球均落在水平木板上，多次重复该过程，S 找到两球落点的平均位置 M 和 N。

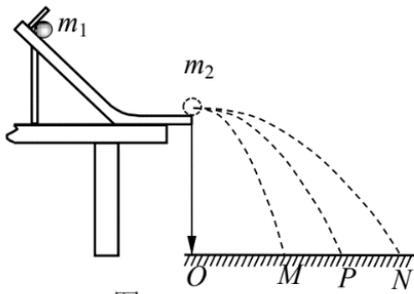


图 1



(1) 本实验应满足的条件是_____

- A. 轨道光滑
- B. 调节斜槽末端水平
- C. 小球 1 的半径等于小球 2 的半径
- D. 需要的测量仪器有刻度尺和秒表

(2) 用刻度尺测量出水平射程 OM 、 OP 、 ON ，在误差允许的范围内，若满足_____关系，可说明两个小球的碰撞过程动量守恒。

(3) 本实验通过测量小球做平抛运动的水平射程来代替小球碰撞前后的速度，依据是_____。

(4) 某同学拍摄了台球碰撞的频闪照片如图 2 所示，在水平桌面上，台球 1 向右运动，与静止的台球 2 发生碰撞。已知两个台球的质量相等，他测量了台球碰撞前后相邻两次闪光时间内台球运动的距离 AB 、 CD 、 EF ，其中 EF 与 AB 连线的夹角为 α ， CD 与 AB 连线的夹角为 β 。从理论分析，若满足_____关系，则可说明两球碰撞前、后动量守恒；再满足_____关系，则可说明是弹性碰撞。

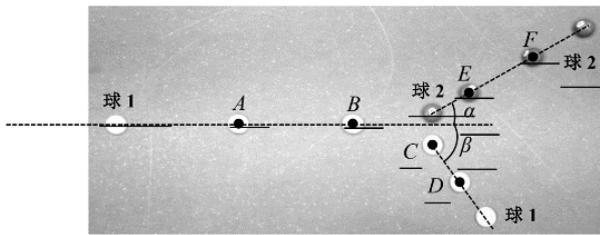
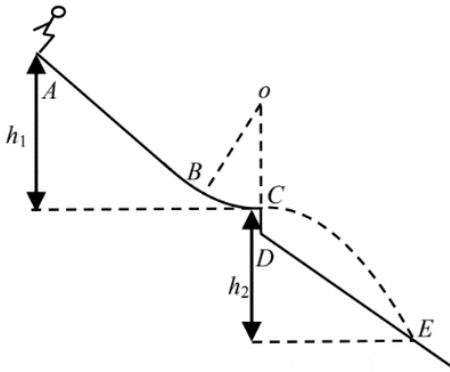


图 2

三、本题共 4 小题，共 40 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。把解答过程填在答题纸相应的空白处。

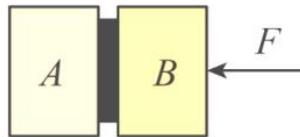
17. (9 分) 跳台滑雪是冬奥会的比赛项目之一，如图为一简化后的跳台滑雪的雪道示意图。助滑坡由 AB 和 BC 组成， AB 为斜坡， BC 为 $R=10\text{m}$ 的圆弧面，二者相切于 B 点，与水平面相切于 C ， AC 间的竖直高度差为 $h_1=40\text{m}$ ， CD 为竖直跳台。运动员连同滑雪装备总质量为 80kg ，从 A 点由静止滑下，通过 C 点水平飞出，飞行一段时间落到着陆坡 DE 上。 CE 间水平方向的距离 $x=100\text{m}$ ，竖直高度差为 $h_2=80\text{m}$ 。不计空气阻力，取 $g=10\text{m/s}^2$ 。求：



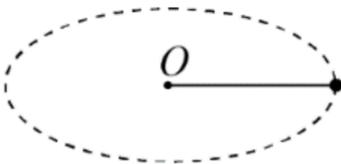
- (1) 运动员到达 C 点的速度大小；
- (2) 运动员到达 C 点时对滑道的压力大小；
- (3) 运动员从 A 点滑到 C 点阻力做的功。

18. (9分) 我国航天员在“天宫课堂”中演示了多种有趣的实验，包括质量的测量在内的一系列实验。

(1) 质量测量的一种方法可通过舱壁上打开的一个支架形状的质量测量仪完成，由牛顿第二定律 $F = ma$ 可知，如果给物体施加一个已知的力，并测得物体在这个力作用下的加速度，就可以求出物体的质量。如图，假如航天员在 A 、 B 两物块中间夹了一个质量不计的压力传感器，现让舱壁支架给 B 物块一个恒力 F ，此时压力传感器示数为 N_1 。将 A 、 B 对换位置，给 A 施加相同的恒力 F ，压力传感器示数为 N_2 。求 A 、 B 两物块的质量之比。

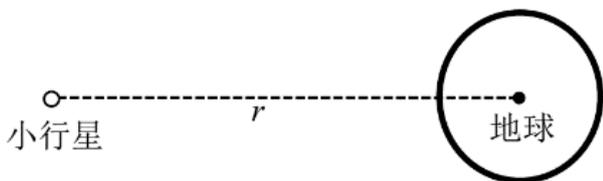


(2) 在太空实验室中还可以利用匀速圆周运动测量小球质量。如图所示，不可伸长的轻绳一端固定于 O 点，另一端系一待测小球，使其绕 O 做匀速圆周运动。用力传感器测得绳上的拉力为 F ，用停表测得小球转过 n 圈所用的时间为 t ，用刻度尺测得 O 点到球心的距离为圆周运动的半径 r 。这种方法求得小球的质量 m 是多少？若测量 r 时未计入小球半径，则所得质量偏大、偏小还是不变？



19. (10分) 小行星撞击地球虽然发生概率较低，却会使地球生命面临重大威胁。我国已经提出了近地小行星防御的发展蓝图，计划在 2030 年实现一次对小行星的动能撞击，2030 至 2035 年间实现推离偏转。已知地球质量为 M ，可视为质量分布均匀的球体，引力常量为 G 。若一颗质量为 m 的小行星距离地心为

r 时，速度的大小 $v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$ ， m 远小于 M 。不考虑地球运动及其它天体的影响。



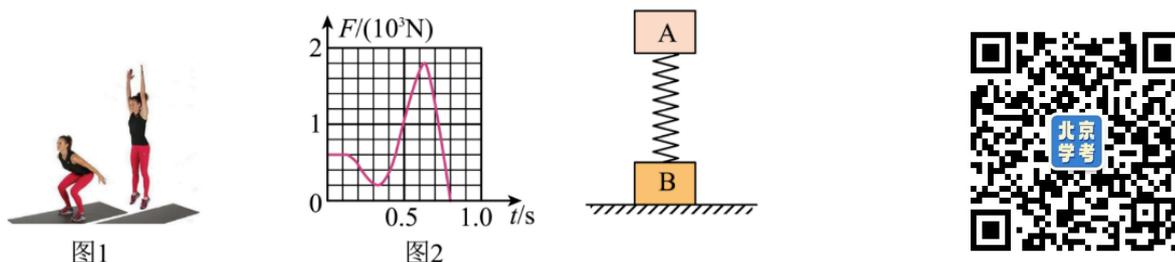
- (1) 若小行星的速度方向垂直于它与地心的连线，通过分析判断该小行星能否围绕地球做圆周运动。
 (2) 若小行星的速度方向沿着它与地心的连线指向地心。已知取无穷远处的引力势能为零，则小行星在

距地心为 r 处的引力势能 $E_p = -G \frac{Mm}{r}$ 。

a. 设想提前发射质量为 $0.1m$ 的无人飞行器，在距离地心为 r 处与小行星发生迎面撞击，小行星撞后未解体。将撞击过程简化为完全非弹性的对心碰撞。为彻底解除小行星对地球的威胁，使其不与地球碰撞。求飞行器撞击小行星时的最小速度 v_0 。

b. 设想对小行星施加适当的“推力”后，使其在距离地心为 r 处的速度方向与它和地心连线的夹角变为 30° ，速度大小不变，也能解除对地球的威胁。已知小行星仅在地球引力作用下的运动过程，它与地心的连线在任意相等时间内扫过相等的面积。求小行星在此后的运动过程中，距地心的最近距离 r_0 。

20. (12分) 体育课上，直立起跳是一项常见的热身运动，运动员先蹲下，然后瞬间向上直立跳起，如图1所示。



(1) 一位同学站在力传感器上做直立起跳，力传感器采集到的 $F-t$ 图线如图2所示。请根据图像求这位同学的质量？说出他在力传感器上0.3s时的超重和失重情况，并求出起跳过程中的最大加速度 a_m 。取重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ 。

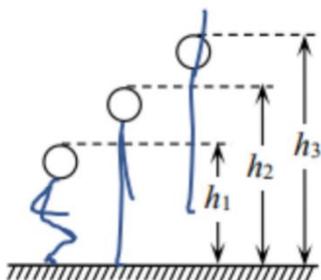
(2) 为了进一步研究直立起跳过程，这位同学构建了如图3所示的简化模型。考虑到起跳过程中，身体各部分肌肉（包括上肢、腹部、腿部等肌肉）的作用，他把人体的上、下半身看作质量均为 m 的两部分 A 和 B ，这两部分用一个劲度系数为 k 的轻弹簧相连。起跳过程相当于压缩的弹簧被释放后使系统弹起的过程。

已知弹簧的弹性势能 E_p 与其形变量 Δx 的关系为 $E_p = \frac{1}{2}k\Delta x^2$ 。要想人的双脚能够离地，即 B 能离地，起跳前弹簧的压缩量至少是多少？已知重力加速度为 g 。

(3) “爆发力”是体育运动中对运动员身体水平评估的一项重要指标，人们通常用肌肉收缩产生的力与速度的乘积来衡量肌肉收缩的爆发能力，其最大值称之为“爆发力”。

某同学想在家通过直立起跳评估自己的“爆发力”，为了简化问题研究，他把人离地前重心的运动看作匀加速直线运动，认为起跳时人对地面的平均蹬踏力大小等于肌肉的收缩力。他用体重计测量出了人的质量

为 m 和用米尺分别测量了蹲下时头顶到地面的高度 h_1 ，直立站起时头顶到地面的高度 h_2 ，起跳到最高点时头顶到地面的高度 h_3 ，如图所示。请利用这些物理量写出计算“爆发力”的公式。



参考答案

一、本题共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。在每小题给出的四个选项中，只有一个选项是符合题目要求的。

题号	1 题	2 题	3 题	4 题	5 题	6 题	7 题	8 题	9 题	10 题	11 题	12 题	13 题	14 题
答案	D	C	A	C	B	A	B	D	B	A	C	A	C	D

二、本题共 2 小题，共 18 分。把答案填在答题纸相应的横线上。

15. (1) $-mgh_B - \frac{m(h_C - h_A)^2}{8T^2}$ (2) $\frac{1}{t_0^2} = \frac{2g}{d^2} H_0$ 减少

16. (1) BC (2) $m_1 OP = m_1 OM + m_2 ON$

(3) 小球离开斜槽末端后做平抛运动

根据平抛运动的规律 $x = vt, h = \frac{1}{2}gt^2$, 可得 $v = x\sqrt{\frac{g}{2h}}$

两个小球做平抛运动的高度 h 相同, 则 $v \propto x$, 因此可以用 x 代替 v

(4) $EF\cos\alpha + CD\cos\beta = AB; EF\sin\alpha = CD\sin\beta$

(用余弦定理或正弦定理表达; CD 、 EF 、 AB 平移后构成三角形或平移后可构成平行四边形的邻边和对角线, 表达描述正确也可)

$EF^2 + CD^2 = AB^2$ 或 $\alpha + \beta = 90^\circ$

三、本题共 4 小题，共 40 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。把解答过程填在答题纸相应的空白处。

17. (1) 运动员空中飞行时间, 由 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 80}{10}} \text{s} = 4 \text{s}$

运动员通过 C 点的速度大小, 由 $x = v_C t$, 得 $v_C = \frac{x}{t} = \frac{100}{4} \text{m/s} = 25 \text{m/s}$

(2) C 点是最低点, 由 $N - mg = m\frac{v_C^2}{R}$ 得 $N = m\frac{v_C^2}{R} + mg$ 代入数据得 $N = 5800 \text{N}$

由牛顿第三定律, 知运动员到达 C 点时对滑道的压力大小为 $F_{\text{压}} = N = 5800 \text{N}$

(3) 运动员从 A 到 C 运动过程中, 应用动能定理 $mgh_1 + W_{\text{阻}} = \frac{1}{2}mv_C^2 - 0$

得 $W_{\text{阻}} = \frac{1}{2}mv_C^2 - mgh_1$ 代入数据得 $W_{\text{阻}} = -7000 \text{J}$

18. (1) 让舱壁支架给 B 物块一个恒力 F , 此时压力传感器示数为 N_1



$$F = (m_A + m_B)a, N_1 = m_A a$$

将 A 、 B 对换位置，给 A 施加相同的恒力 F ，压力传感器示数为 N_2

$$F = (m_A + m_B)a, N_2 = m_B a$$

A 、 B 两物块的质量之比 $m_A : m_B = N_1 : N_2$

$$(2) F = m \frac{4\pi^2}{T^2} r \quad T = \frac{t}{n} \quad m = \frac{Ft^2}{4\pi^2 n^2 r} \quad \text{偏大}$$

19. (1) 若小行星在该位置做匀速圆周运动，设速度大小为 v_1

$$\text{由万有引力提供向心力 } G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v_1^2}{r} \quad \text{得 } v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

由于 $v \neq v_1$ 小行星不能围绕地球做圆周运动

(2) a. 设碰撞后小行星的速度大小为 v_2

为彻底解除小行星的威胁，应使小行星被撞后能运动至无穷远处

$$\text{根据能量守恒定律有 } -G \frac{(m + 0.1m) \cdot M}{r} + \frac{1}{2} (m + 0.1m) \cdot v_2^2 = 0$$

$$\text{得 } v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

以飞行器速度方向为正方向，飞行器撞击小行星的过程

$$\text{根据动量守恒定律有 } 0.1mv_0 - mv = (0.1m + m)v_2$$

$$\text{得 } v_0 = 21\sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

b. 设小行星离地心最近时，速度的大小为 v_3

小行星与地心的连线在相等时间扫过相等面积有 $v r \sin \theta = v_3 r_0$

$$\text{根据能量守恒定律有 } -G \frac{Mm}{r} + \frac{1}{2} mv^2 = -G \frac{Mm}{r_0} + \frac{1}{2} mv_3^2$$

$$\text{得 } r_0 = \frac{1}{4} r$$

20. (12分) (1) 根据图像可知，人平衡时对接触面压力为 600N，所以人的重力为 600N，则人的质量

$$m = \frac{G}{g} = 60\text{kg}$$

由静止起跳过程中，0.3s 时处于失重状态。

当传感器上的力为 1800N 时，加速度最大，由牛二定律 $F - mg = ma_m$

可得 $a_m = 20\text{m/s}^2$ 。



(2) 设起跳前弹簧的压缩量为 Δx_1 ，当 B 刚要脱离地面， A 速度刚好为零，

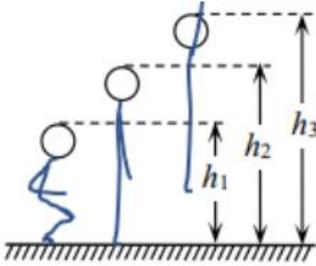
设此时弹簧的伸长量为 Δx_2 ，则此时对 B 受力分析有 $k\Delta x_2 = mg$

从开始起跳到 B 刚要脱离地面的过程中，根据能量守恒可得 $\frac{1}{2}k\Delta x_1^2 = mg(\Delta x_1 + \Delta x_2) + \frac{1}{2}k\Delta x_2^2$

联立解得 $\Delta x_1 = \frac{3mg}{k}$

(3) 设人离地时的速度大小为 v

人离地前重心做匀加速直线运动，有 $F - mg = ma$



$$2a\Delta h_1 = v^2 \text{ 其中 } \Delta h_1 = \frac{1}{2}(h_2 - h_1)$$

人离地后重心做竖直上抛运动，有 $2g\Delta h_2 = v^2$ 其中 $\Delta h_2 = h_3 - h_2$

人的“爆发力” $P = Fv$

$$\text{解得 } P = mg \left(\frac{2h_3 - h_1 - h_2}{h_2 - h_1} \right) \sqrt{2g(h_3 - h_2)}$$