

# 2022 北京朝阳高三（上）期中

## 物 理

2022. 11

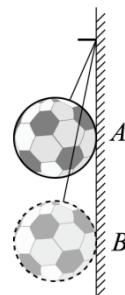
(考试时间 90 分钟 满分 100 分)

### 第一部分

本部分共14 题，每题3 分，共42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 如图所示，用长短不同的轻绳先后将同一足球挂在光滑竖直墙壁上，足球静止时分别处于  $A$ 、 $B$  位置。若绳子拉力大小分别为  $T_A$ 、 $T_B$ ，墙对足球的支持力大小分别为  $F_A$ 、 $F_B$ ，则

- A.  $T_A < T_B$ ,  $F_A < F_B$       B.  $T_A > T_B$ ,  $F_A > F_B$   
 C.  $T_A > T_B$ ,  $F_A < F_B$       D.  $T_A < T_B$ ,  $F_A > F_B$

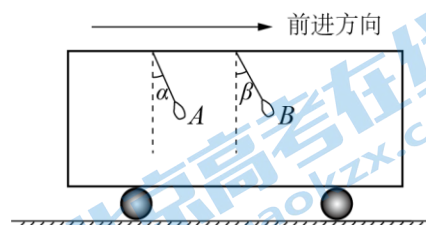


2. 某款轿车车尾上的“50 TFSI”标志反映了该车的加速性能，字母前的数字“50”表示该车辆从静止开始加速到 100km/h 的平均加速度数值（单位： $\text{m/s}^2$ ）的 10 倍。则该款轿车从静止开始加速到 100km/h 的时间约为

- A. 5.6s      B. 6.2s      C. 8.7s      D. 9.5s

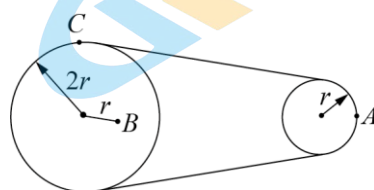
3. 地铁在水平直轨道上运行时某节车厢的示意图如图所示。某段时间内，车厢内两拉手  $A$ 、 $B$  分别向前进方向偏离竖直方向角度  $\alpha$  和  $\beta$  并保持不变。重力加速度为  $g$ 。则该段时间内

- A. 拉手所受合力的方向不一定沿水平方向  
 B. 两拉手偏离竖直方向的角度满足  $\alpha = \beta$   
 C. 列车的加速度大小为  $g \sin \alpha$   
 D. 列车正在加速行驶



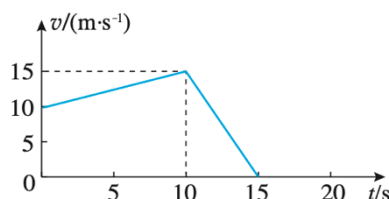
4. 一皮带传动装置的示意图如图所示，右轮半径为  $r$ ， $A$  是其边缘上的一点，左轮半径为  $2r$ ， $C$  点位于左轮边缘上， $B$  点在左轮上且到轮心的距离为  $r$ 。传动过程中皮带不打滑。则

- A.  $A$ 、 $B$  两点的角速度之比为 1:1  
 B.  $A$ 、 $B$  两点的角速度之比为 1:2  
 C.  $A$ 、 $C$  两点的向心加速度之比为 1:4  
 D.  $A$ 、 $C$  两点的向心加速度之比为 2:1



5. 水平桌面上，一滑块在恒定的水平拉力作用下由静止开始运动一段时间后，撤去拉力。从某时刻开始计时，滑块速度随时间变化的  $v-t$  图像如图所示。取重力加速度  $g=10\text{m/s}^2$ 。不计空气阻力。下列说法正确的是

- A. 滑块在 0~15s 内的平均速度大小为 7.5m/s  
 B. 滑块加速与减速阶段的加速度大小之比为 1:2  
 C. 滑块所受的拉力与摩擦力大小之比为 3:2



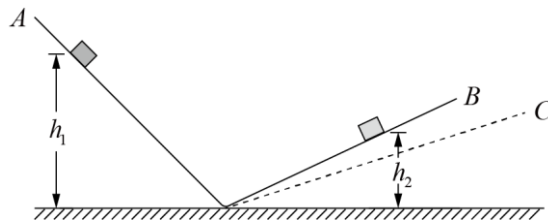
D. 滑块与桌面之间的动摩擦因数为 0.3

6. “中国天眼”（FAST）设施已发现脉冲星数量超过 240 颗。脉冲星是快速自转的中子星，每自转一周，就向外发射一次电磁脉冲信号，因此而得名。若观测到某中子星发射电磁脉冲信号的周期为  $T$ 。已知该中子星的半径为  $R$ ，引力常量为  $G$ 。则根据上述条件可以求出

- A. 该中子星的密度
- B. 该中子星的第一宇宙速度
- C. 该中子星表面的重力加速度
- D. 该中子星赤道上的物体随中子星转动的线速度

7. 小明同学进行了以下探究实验。如图所示，将滑块从轨道  $A$  的  $h_1$  高度处由静止释放，滑块冲上  $B$  轨道后达到的最大高度为  $h_2$ 。减小轨道  $B$  的倾斜程度至轨道  $C$ ，再次从轨道  $A$  的  $h_1$  高度处释放滑块，滑块冲上轨道  $C$ 。已知轨道由同一种材料制成，粗糙程度处处相同，不计滑块在轨道连接处的机械能损失，则滑块在轨道  $C$  上达到的最大高度

- A. 等于  $h_1$
- B. 等于  $h_2$
- C. 小于  $h_2$
- D. 介于  $h_1$  与  $h_2$  之间



8. 场地自行车比赛中某段圆形赛道如图所示，赛道与水平面的夹角为  $\theta$ ，某运动员骑自行车在该赛道上做水平面内的匀速圆周运动。当自行车的速度为  $v_0$  时，自行车不受侧向摩擦力作用；当自行车的速度为  $v_1$  ( $v_1 > v_0$ ) 时，自行车受到侧向摩擦力作用。不考虑空气阻力。重力加速度为  $g$ 。已知自行车和运动员的总质量为  $m$ 。则

- A. 速度为  $v_0$  时，自行车所受的支持力大小为  $mg \cos \theta$
- B. 速度为  $v_0$  时，自行车和运动员的向心力大小为  $mg \sin \theta$
- C. 速度为  $v_1$  时，自行车和运动员的向心力大于  $mg \tan \theta$
- D. 速度为  $v_1$  时，自行车所受的侧向摩擦力方向沿赛道向外



9. 一辆质量为  $m$  的汽车，启动后沿平直路面行驶，行驶过程中受到的阻力大小一定，如果发动机的输出功率恒为  $P$ ，经过时间  $t$ ，汽车能够达到的最大速度为  $v$ 。则

- A. 当汽车的速度大小为  $\frac{v}{2}$  时，汽车的加速度的大小为  $\frac{P}{mv}$
- B. 汽车速度达到  $\frac{v}{2}$  的过程中，牵引力做的功为  $\frac{Pt}{2}$
- C. 汽车速度达到  $v$  的过程中，汽车行驶的距离为  $\frac{v}{2}t$
- D. 汽车速度达到  $v$  的过程中，牵引力做的功为  $\frac{1}{2}mv^2$

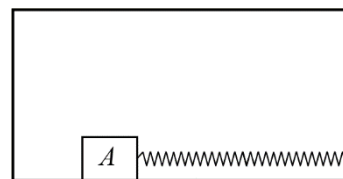
10. 一名连同装备总质量为  $M$  的航天员，脱离宇宙飞船后，在离飞船  $x$  处与飞船处于相对静止状态。装备

中有一个高压气源能以速度  $v$  (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  $\Delta m$  的气体, 且在规定时间内  $t$  内返回飞船。下列说法正确的是

- A. 喷出气体的质量  $\Delta m$  小于  $\frac{Mx}{vt}$
- 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, 则返回时间小于  $t$
- 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

11. 如图所示, 质量为  $0.5\text{kg}$  的物块  $A$  放在一个静止的矩形木箱内, 物块  $A$  和木箱水平底板之间的动摩擦因数为  $0.3$ 。物块  $A$  的右边被一根轻弹簧用  $1.2\text{N}$  的水平拉力拉着保持静止。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力。重力加速度  $g=10\text{m/s}^2$ 。现在要使弹簧能拉动物块  $A$ , 使其相对木箱底板水平向右移动, 木箱的运动情况可能是

- A. 水平向右做匀加速运动, 加速度的大小  $a = 0.5\text{m/s}^2$
- B. 水平向左做匀加速运动, 加速度的大小  $a = 0.5\text{m/s}^2$
- C. 竖直向上做匀加速运动, 加速度的大小  $a = 3.0\text{m/s}^2$
- D. 竖直向下做匀加速运动, 加速度的大小  $a = 3.0\text{m/s}^2$



12. 如图所示, 人们用“打夯”的方式把松散的地面夯实。设某次打夯符合以下模型: 两人同时通过轻绳对质量为  $m$  的重物各施加一个大小为  $F$ 、与竖直方向夹角为  $\theta$  的拉力, 重物离开地面上升  $H$  时两人停止施力, 最后重物下落将地面砸下的深度为  $h$ 。重物对地面的冲击力可视为恒力。

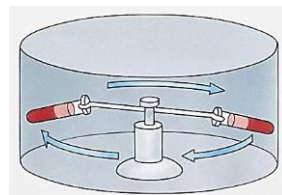
重力加速度为  $g$ 。不计空气阻力。则

- A. 重物上升过程中的最大动能为  $2FH \cos \theta$
- B. 重物刚落地时的动能为  $2FH \cos \theta + mgH$
- C. 仅根据题中信息可以推算出重物对地面的冲击力大小
- D. 仅根据题中信息无法推算出一次打夯过程中重物所受重力的冲量大小



13. 2022年3月的“天宫课堂”上, 航天员做了一个“手动离心机”, 该装置模型如图所示。快速摇转该装置完成了空间站中的水油分离实验。下列说法正确的是

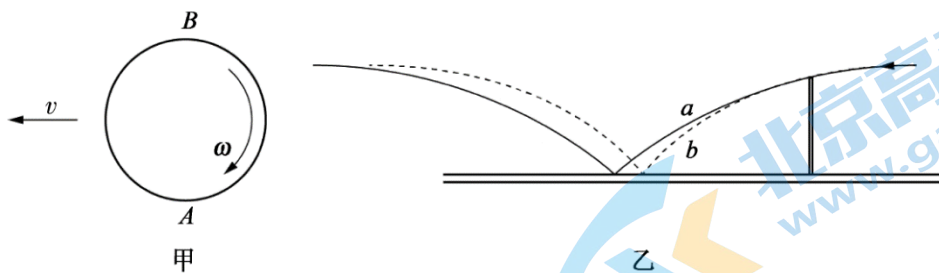
- A. 水油分离是因为水和油在太空中完全失重而分离
- B. 水油分离是因为水的密度较大更容易离心而分离
- C. 在天宫中摇晃试管使水油混合, 静置一小段时间后水油也能分离
- D. 若在地面上利用此装置进行实验, 将无法实现水油分离



14. 旋转在乒乓球运动中往往有一击制胜的作用。乒乓球在飞行过程中, 如果发生旋转, 球就会带动周围的空气在球体附近产生环流。

已知乒乓球球心开始以速度  $v$  水平向左飞行, 球上各点同时绕球心以角速度  $\omega$  顺时针旋转, 如图甲所示。根据物理学原理可知, 气体流速越大, 压强越小, 由于乒乓球附近  $A$ 、 $B$  两处空气流速不同, 两处的空气对乒乓球就形成压力差, 这个压力差称为马格努斯力。由于旋转球在飞行过程中受到马格努斯力, 其落点与无旋转球的落点就会不同。图乙所示的  $a$  (实线)、 $b$  (虚线) 两条轨迹中, 一条为球心以

水平速度  $v$  开始向左飞行的无旋转球的轨迹，另一条为图甲中旋转球从同一点飞出时的轨迹。下列说法正确的是



- A. 图甲中乒乓球下方  $A$  处气体的流速比  $B$  处的小
- B. 图乙中  $a$  为无旋转球的轨迹， $b$  为旋转球的轨迹
- C. 马格努斯力与乒乓球转动的角速度大小无关
- D. 无旋球弹起的高度可能超过发球位置的高度

## 第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15. (8分) 物理实验一般都涉及实验目的、实验原理、实验仪器、实验方法、实验操作、数据分析等。

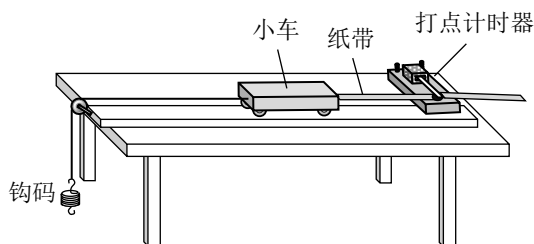


图 1

(1) 某同学利用图 1 装置“探究小车速度随时间变化的规律”。图 2 为实验所得的一条纸带，选其中一个合适的点当作计时起点  $O$ ，每隔 4 个点选取一个计数点，测得各计数点  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$  到  $O$  点间的距离分别为： $OA=7.05\text{cm}$ ， $OB=14.73\text{cm}$ ， $OC=23.04\text{cm}$ ， $OD=31.99\text{cm}$ ， $OE=41.58\text{cm}$ ， $OF=51.78\text{cm}$ 。已知交变电流的频率为  $50\text{Hz}$ 。

根据纸带数据计算打  $C$  点时小车运动的速度  $v_C = \underline{\hspace{2cm}}$   $\text{m/s}$ ，小车运动的加速度  $a = \underline{\hspace{2cm}}$   $\text{m/s}^2$ 。

(结果均保留两位有效数字)

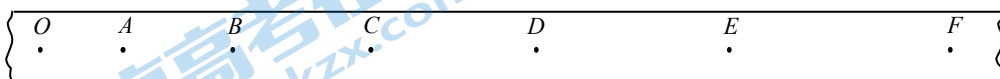


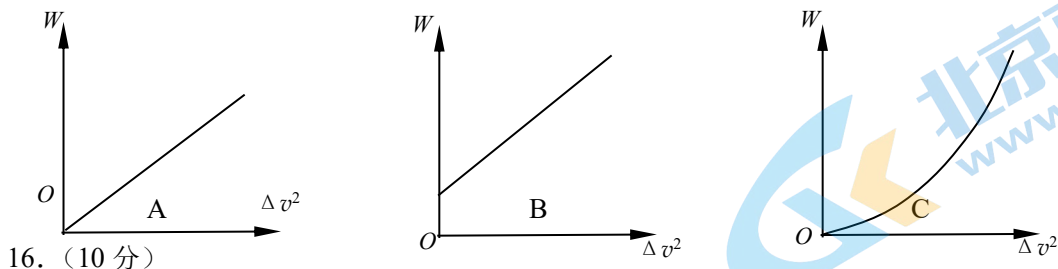
图 2

(2) 适当调整图 1 装置，该同学想进一步“探究小车加速度与力的关系”。则下列调整和分析正确的是\_\_\_\_\_。

- A. 在平衡小车所受的摩擦力时，小车的左端需要悬挂细绳和钩码
- B. 为使小车所受拉力与钩码重力近似相等，钩码质量要远小于小车质量
- C. 认为小车所受拉力等于钩码重力，由此带来的误差属于系统误差

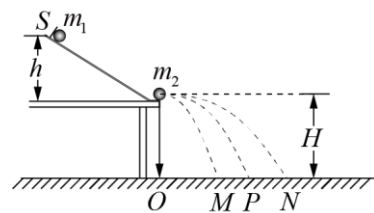
D. 当打点计时器工作的实际电压略低于额定电压时，利用纸带求得的加速度将偏小

(3) 在正确完成(2)中操作后，该同学继续用此装置“探究钩码重力所做的功  $W$  和小车速度平方的变化量  $\Delta v^2$  ( $\Delta v^2 = v_1^2 - v_0^2$ ) 间的关系”，则从理论上分析，下列图像正确的是\_\_\_\_\_。



某实验小组用如图所示的装置做“验证动量守恒定律”的实验。

(1) 图中  $O$  点是小球抛出点在水平地面上的竖直投影，实验时先让入射小球多次从斜槽上位置  $S$  由静止释放，通过白纸和复写纸找到其平均落地点的位置  $P$ ，测出平抛射程  $OP$ 。然后，把半径相同的被碰小球静置于轨道的水平部分末端，仍将入射小球从斜轨上位置  $S$  由静止释放，与被碰小球发生正碰，并多次重复该操作，两小球平均落地点位置分别为  $M$ 、 $N$ 。实验中还需要测量的物理量有\_\_\_\_\_。(选填选项前的字母)



有\_\_\_\_\_。(选填选项前的字母)

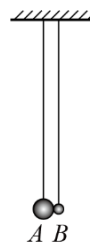
- A. 入射小球和被碰小球的质量  $m_1$ 、 $m_2$       B. 入射小球开始的释放高度  $h$   
 C. 小球抛出点距地面的高度  $H$               D. 两球相碰后的平抛射程  $OM$ 、 $ON$

(2) 在实验误差允许范围内，若满足关系式\_\_\_\_\_ (用所测物理量的字母表示)，则可以认为两球碰撞前后动量守恒。

(3) 某同学在实验中记录了三个落地点对应距离的比值，以下两组数据中可能正确的一组是\_\_\_\_\_。(选填选项前的字母)

- A.  $OM: OP: ON=1.0: 1.3: 3.1$       B.  $OM: OP: ON=1.0: 1.5: 2.3$

(4) 历史上关于“运动”量度有两种观点：一种观点认为应该用物理量  $mv$  来量度运动的强弱；另一种观点认为应该用物理量  $mv^2$  来量度运动的强弱。牛顿用如图所示的实验研究碰撞，并记录了自己的实验：“摆长取 10 英尺……若物体  $A$  以 9 份运动撞到静止的物体  $B$ ，损失掉 7 份，碰撞后以 2 份继续前进，则物体  $B$  将以 7 份运动反弹。如果两物体从反方向相撞， $A$  以 12 份运动， $B$  以 6 份运动，而如果  $A$  以 2 份后退， $B$  将以 8 份后退，双方各减 14 份。”牛顿由此找到了碰撞中的运动守恒量。

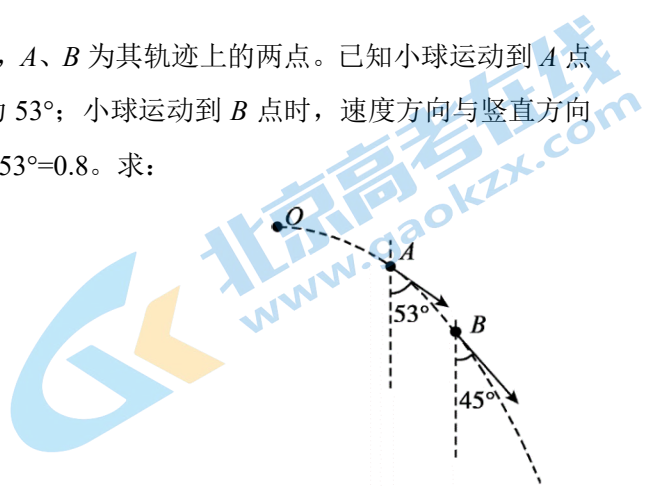


你认为牛顿所指的量度“运动”的物理量是  $mv$  还是  $mv^2$ ? 并简述理由。

17. (9分)

如图所示，将某小球从  $O$  点以一定的初速度水平抛出， $A$ 、 $B$  为其轨迹上的两点。已知小球运动到  $A$  点时的速度大小为  $v_A=5.0\text{m/s}$ ，速度方向与竖直方向的夹角为  $53^\circ$ ；小球运动到  $B$  点时，速度方向与竖直方向的夹角为  $45^\circ$ 。不计空气阻力。重力加速度  $g=10\text{m/s}^2$ 。  $\sin 53^\circ=0.8$ 。求：

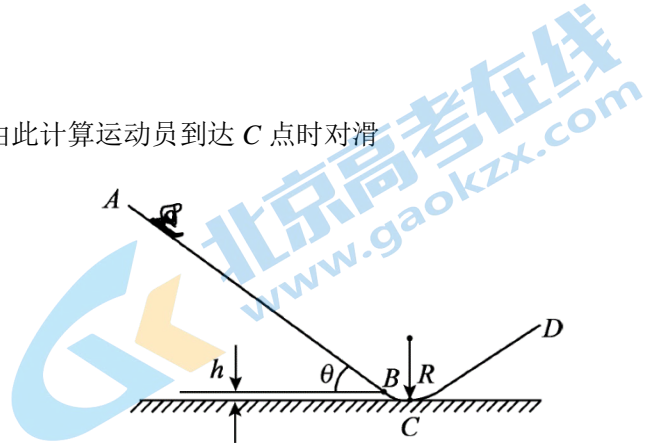
- (1) 小球平抛的初速度大小  $v_0$ ；
- (2)  $O$ 、 $A$  两点间的竖直距离  $h$ ；
- (3) 小球从  $A$  点运动到  $B$  点所用的时间  $t$ 。



18. (9分)

如图所示，为滑雪运动员某次训练时的简化模型。运动员从起点  $A$  处沿直滑道由静止下滑至坡底  $B$  点，再经一段可视为光滑的弯曲滑道后滑上起跳台，从  $D$  点跃向空中，完成空中动作后落地。已知直滑道倾角为  $\theta$ 、长度为  $L$ ，坡底  $B$  点与弯曲滑道最低点  $C$  高度差为  $h$ ，靠近  $C$  处的滑道可视为一段半径为  $R=10h$  的圆弧。运动员连同装备的总质量为  $m$ ，滑雪板与  $AB$  段滑道间的动摩擦因数为  $\mu$ 。重力加速度为  $g$ 。不计空气阻力。

- (1) 求运动员在  $AB$  段滑行时的加速度大小  $a$ ；
- (2) 求运动员到达  $B$  点时的速度大小  $v_B$ ；
- (3) 若已知运动员到达  $B$  点时的速度大小  $v_B = 7\sqrt{2gh}$ ，由此计算运动员到达  $C$  点时对滑道的压力  $F$ 。



19. (10分)

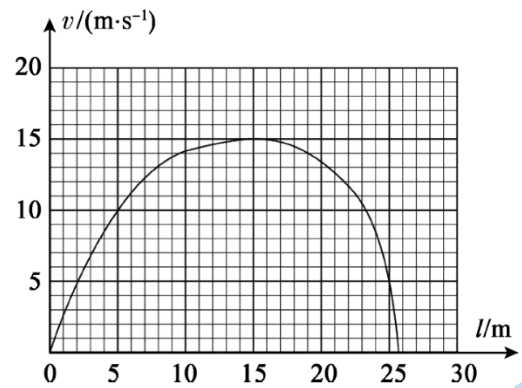
通过数据分析寻找证据是科学探究过程中的关键要素之一。

“蹦极”运动时，在运动员身上装上传感器，可以测量运动员在不同位置的速度  $v$  以及离开蹦极台的位移大小  $l$ 。已知运动员及所带装备的总质量为  $m=60\text{kg}$ ，弹性绳原长  $l_0=10\text{m}$ 。运动员从蹦极台由静止下落，得到如图所示的  $v-l$  图像。重力加速度  $g=10\text{m/s}^2$ 。

- (1) 请利用  $v-l$  图像上的一组数据初步推断：运动员下落过程中空气阻力可以忽略不计。
- (2) 试估算运动员下落速度最大时绳的弹性势能  $E_p$ 。
- (3) 弹簧是弹性体的一种理想化模型。基于胡克定律可推导出弹簧弹性势能的表达式为

$$E_p = \frac{1}{2} kx^2, \text{ 式中 } k \text{ 为弹簧的劲度系数, } x \text{ 为弹簧的形变量。}$$

- a. 请利用  $v-l$  图像上的数据初步推断：该弹性绳是否像弹簧一样遵循胡克定律？
- b. 请指出：a 问中由于条件所限，没有考虑哪些因素可能会影响推断结果的可靠性。



20. (12分)

利用物理模型对复杂现象进行分析，是重要的科学思维方法。

已知太阳的质量为  $M$ ，半径为  $R$ ，万有引力常量为  $G$ 。

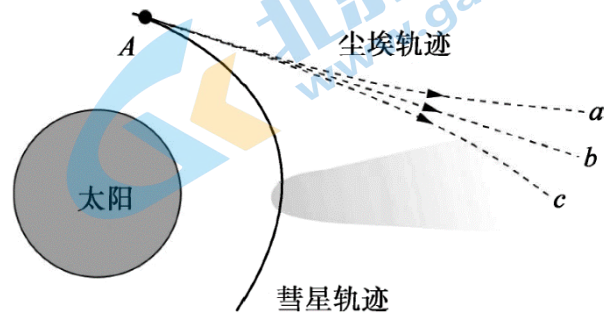
- (1) 太阳的外层大气不断向四周膨胀，形成由太阳径向向外的粒子流，通常被称为太阳风。关于太阳风的成因，一种观点认为：由于太阳外层温度高，粒子的动能较大，能够克服太阳的引力向外层空间运动。

- a. 已知质量为  $m$  的粒子与太阳中心相距  $r$  时具有的引力势能为  $E_p = -G \frac{Mm}{r}$ （以无穷远处势能为零）。忽略粒子间的相互作用。求在距离太阳中心  $2R$  处、质量为  $m$  的粒子，为了脱离太阳引力的束缚所需的最小速率  $v_m$ 。
- b. 太阳风会造成太阳质量的损失。已知太阳风粒子的平均质量为  $m$ ，探测器在距离太阳  $r$  处探测到该处单位体积内太阳风粒子的数目为  $n$ ，太阳风粒子在探测器周围的平均速率为  $v$ 。求单位时间内太阳因太阳风而损失的质量  $\Delta m$ 。

- (2) 彗星的彗尾主要由尘埃粒子和气体组成。一种观点认为：太阳光辐射的压力和太阳的引力，对彗尾尘埃粒子的运动起关键作用。假定太阳光的辐射功率  $P_0$  恒定，尘埃粒子可视为密度相同、半径不都相等

的实心球体，辐射到粒子上的太阳光被全部吸收，太阳光的能量  $E$ 、动量  $P$ 、光速  $c$  的关系为  $P = \frac{E}{c}$ 。

如图所示，当彗星运动到  $A$  处，部分尘埃粒子被释放出来，不再沿彗星轨道运动。已知沿轨道切线方向释放的三个尘埃粒子，分别沿直线  $Ab$  和曲线  $Aa$ 、 $Ac$  运动。关于造成这三个尘埃粒子轨迹分开的原因，有同学认为是它们被释放出来时的速度大小不同所致。请分析说明该同学的结论是否正确。



(考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效)



## 参考答案

本部分共14题，每题3分，共42分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

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

## 第二部分

本部分共6题，共58分。

15. (8分)

(1) 0.86; 0.63 (4分)

(2) BC (2分)

(3) A (2分)

16. (10分)

(1) AD (2分)

(2)  $m_1OP = m_1OM + m_2ON$  (2分)

(3) B (2分)

(4) 牛顿所指的量度“运动”的物理量是  $mv$ 。设一份运动  $mv$  为  $P$ ，则  $P$  为矢量。根据牛顿的第一次实验数据，碰撞前后系统的  $mv$  相等，即  $9P = 2P + 7P$ ；同理，第二次实验数据，碰撞前后系统的  $mv$  也相等，即  $12P - 6P = -2P + 8P$ 。而若设一份运动  $mv^2$  为  $E$ ，则  $E$  为标量。根据第二次实验数据，碰撞前后系统的  $mv^2$  不相等，即  $12E + 6E \neq 2E + 8E$ 。因此牛顿所指的量度“运动”的物理量是  $mv$ 。(4分)

17. (9分)

解：(1) 小球平抛的初速度大小  $v_0 = v_A \sin 53^\circ$   
得  $v_0 = 4.0\text{m/s}$  (3分)

(2) 设小球的质量为  $m$ ，由  $O$  点至  $A$  点，根据动能定理有

$$mgh = \frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

得  $h = 0.45\text{m}$  (3分)

(3) 小球在  $A$  点竖直分速度  $v_{Ay} = v_A \cos 53^\circ$

小球在  $B$  点竖直分速度  $v_{By} = v_0 \tan 45^\circ$

小球从  $A$  点运动到  $B$  点，有  $v_{By} = v_{Ay} + gt$

得  $t = 0.1\text{s}$  (3分)

18. (9分)

解: (1) 运动员在  $AB$  段滑行时, 根据牛顿运动定律有

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$$

得  $a = g \sin \theta - \mu g \cos \theta$  (3分)

(2) 根据匀变速运动规律有  $v_B^2 = 2aL$

得  $v_B = \sqrt{2(\sin \theta - \mu \cos \theta)gL}$  (2分)

(3) 运动员由  $B$  点至  $C$  点, 根据动能定理有

$$mgh = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

设运动员在  $C$  点受滑道支持力为  $F'$ , 根据牛顿运动定律有

$$F' - mg = m \frac{v_C^2}{R}$$

得  $F' = 11mg$

根据牛顿第三定律, 运动员在  $C$  点时对滑道的压力大小为

$$F = 11mg$$

方向垂直滑道向下。 (4分)

19. (10分)

解: (1) 依据  $v-l$  图像可知, 运动员下落  $l_0=10\text{m}$  时的速度  $v_0 = 14.1\text{m/s}$

若不计空气阻力, 设弹性绳刚好拉直时运动员的速度为  $v_1$ , 由机械能守恒定律有

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = mgl_0$$

得  $v_1 = 14.1\text{m/s}$

与  $v-l$  图像得到的基本吻合, 说明空气阻力可忽略不计。 (3分)

(2) 运动员速度最大时, 下落的位移  $l_1=15\text{m}$ , 由图像可知此时的速度大小为  $v_m = 15\text{m/s}$ 。

从开始下落到速度最大的过程, 不计其他能量损耗, 根据机械能守恒定律有

$$E_p = mgl_1 - \frac{1}{2}mv_m^2$$

得  $E_p = 2.25 \times 10^3 \text{J}$  (3分)

(3) a. 答案一:

该弹性绳不遵循胡克定律。证据如下:

当运动员速度最大时, 若弹性绳遵循胡克定律, 则有  $mg = kx_1$ ,  $x_1 = l_1 - l_0 = 5\text{m}$ , 可得

$$k = \frac{mg}{x_1} = 120\text{N/m}$$

由  $v-l$  图像可知, 运动员速度为  $v_2 = 15\text{m/s}$  时, 下落的位移  $l_1=15\text{m}$ , 此时弹簧的形变量  $x_1=5\text{m}$ 。

设此时的弹性势能为  $E_{p1}$ , 若弹性绳遵循胡克定律, 则弹性势能为

$$E_{p1} = \frac{1}{2} kx_1^2 = 1.5 \times 10^3 \text{ J}$$

根据机械能守恒定律，由（2）问可知，此时弹性绳的弹性势能

$$E_p = 2.25 \times 10^3 \text{ J}$$

显然， $E_{p1} < E_p$ ，二者相差较大，所以该弹性绳不遵循胡克定律。（3分）

答案二：

该弹性绳不遵循胡克定律。证据如下：

当运动员速度最大时，若弹性绳遵循胡克定律，则有  $mg = kx_1$ ， $x_1 = l_1 - l_0 = 5\text{m}$ ，可得

$$k = \frac{mg}{x_1} = 120 \text{ N/m}$$

由  $v-l$  图像可知，运动员速度为  $v_2 = 5\text{m/s}$  时，下落的位移  $l_2 = 25\text{m}$ ，此时弹簧的形变量  $x_2 = l_2 - l_0 = 15\text{m}$ 。

根据机械能守恒定律，运动员下落位移为  $l_2$  时有

$$mgl_2 = \frac{1}{2} kx_2^2 + \frac{1}{2} mv_2^2$$

得  $v_2 \approx 7.1\text{m/s}$

与  $v-l$  图像得到的  $5\text{m/s}$  不符，所以该弹性绳不遵循胡克定律。（3分）

b. 该结论的得出，可能是因为弹性绳超过了其弹性限度。（1分）

20. (12分)

解：（1）a. 要使粒子脱离太阳引力的束缚至少需满足  $\frac{1}{2}mv_m^2 + (-\frac{GMm}{2R}) = 0$

$$\text{得 } v_m = \sqrt{\frac{GM}{R}} \quad (3 \text{ 分})$$

b. 设太阳风粒子由太阳向空间各方向均匀射出，在极短时间  $\Delta t$

内太阳风粒子可视为均匀分布在半径为  $r$ 、厚度为  $\Delta x$  的球壳内，该段时间内太阳因太阳风而损失的质量与该球壳内的粒子质量相同。有

$$\Delta x = v \cdot \Delta t$$

$$\Delta m \cdot \Delta t = n \cdot 4\pi r^2 \cdot \Delta x \cdot m$$

$$\text{得 } \Delta m = 4\pi r^2 n m v \quad (3 \text{ 分})$$

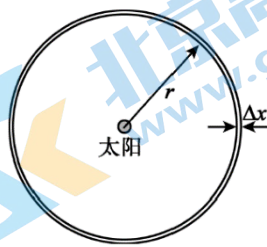
（2）该同学的结论不正确，造成三个尘埃粒子轨迹分开的原因是因为粒子半径不同所致。

设半径为  $R$  的粒子运动到距离太阳  $r$  处时， $\Delta t$  时间内接受到的太阳光能量为

$$E = \frac{P_0 \Delta t \pi R^2}{4\pi r^2} = \frac{P_0 \Delta t R^2}{4r^2}$$

$$\Delta t \text{ 时间内接受到的动量为 } P = \frac{P_0 \Delta t R^2}{4r^2 c}$$

设粒子受到的辐射压力为  $F_{\text{压}}$ ，根据动量定理有



$$F_{\text{压}} \Delta t = \frac{P_0 \Delta t R^2}{4r^2 c}$$

得

$$F_{\text{压}} = \frac{P_0 R^2}{4r^2 c}$$

该粒子的质量为

$$m = \rho \frac{4}{3} \pi R^3, \quad \rho \text{ 为尘埃粒子的密度}$$

该粒子运动到距离太阳  $r$  处时所受的引力为  $F_{\text{引}} = G \frac{Mm}{r^2}$

得

$$\frac{F_{\text{引}}}{F_{\text{压}}} = \frac{16\pi c \rho G M}{3P_0} R$$

运动路径  $Ab$  为直线的尘埃粒子受力平衡, 即  $F_{\text{引}} = F_{\text{压}}$ , 由上式可见,  $F_{\text{引}}$ 、 $F_{\text{压}}$  的比值与尘埃粒子到太阳的距离  $r$  无关, 也与速度大小无关, 仅由尘埃粒子的半径决定。

由于  $Ac$  路径向内弯曲, 说明  $F_{\text{引}} > F_{\text{压}}$ , 即该尘埃粒子的半径  $R_c > R$ ;

由于  $Aa$  路径向外弯曲, 说明  $F_{\text{引}} < F_{\text{压}}$ , 即该尘埃粒子的半径  $R_a < R$ 。 (6分)

**说明:** 用其他方法解答正确, 给相应分数。

## 关于我们

北京高考在线创办于 2014 年，隶属于北京太星网络科技有限公司，是北京地区极具影响力的中学升学服务平台。主营业务涵盖：北京新高考、高中生涯规划、志愿填报、强基计划、综合评价招生和学科竞赛等。

北京高考在线旗下拥有网站门户、微信公众平台等全媒体矩阵生态平台。平台活跃用户 40W+，网站年度流量数千万量级。用户群体立足于北京，辐射全国 31 省市。

北京高考在线平台一直秉承 “精益求精、专业严谨” 的建设理念，不断探索 “K12 教育+互联网+大数据” 的运营模式，尝试基于大数据理论为广大中学和家长提供新鲜的高考资讯、专业的高考政策解读、科学的升学规划等，为广大高校、中学和教科研单位提供 “衔接和桥梁纽带” 作用。

平台自创办以来，为众多重点大学发现和推荐优秀生源，和北京近百所中学达成合作关系，累计举办线上线下升学公益讲座数百场，帮助数十万考生顺利通过考入理想大学，在家长、考生、中学和社会各界具有广泛的口碑影响力

未来，北京高考在线平台将立足于北京新高考改革，基于对北京高考政策研究及北京高校资源优势，更好的服务全国高中家长和学生。



微信搜一搜

北京高考资讯