

# 2025年黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古高考真题

## 物理

本试卷共 15 题，共 100 分

### 注意事项:

- 1.答题前，考生先将自己的姓名、准考证号码填写清楚，将条形码准确粘贴在条形码区域内。
- 2.选择题必须使用 2B 铅笔填涂;非选择题必须使用 0.5 毫米黑色字迹的签字笔书写，字体工整，笔记清楚。
- 3.请按照题号顺序在答题卡各题目的答题区域内作答，超出答题区域书写的答案无效;在草稿纸、试卷上答题无效。
- 4.作图可先使用铅笔画出，确定后必须用黑色字迹的签字笔描黑。
- 5.保持卡面清洁，不要折叠、不要弄破、弄皱，不准使用涂改液、修正带、刮纸刀。

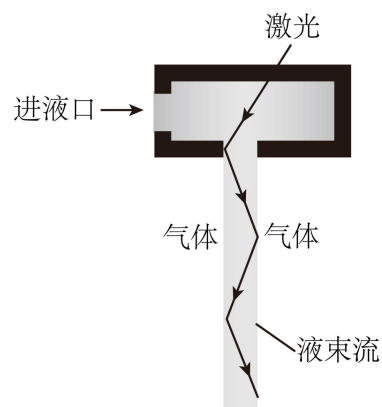
一、选择题:本题共 10 小题，共 46 分。在每小题给出的四个选项中，第 1~7 题只有一项符合题目要求，每小题 4 分;第 8~10 题有多项符合题目要求，每小题 6 分，全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

1. 书法课上，某同学临摹“力”字时，笔尖的轨迹如图中带箭头的实线所示。笔尖由  $a$  点经  $b$  点回到  $a$  点，则 ( )



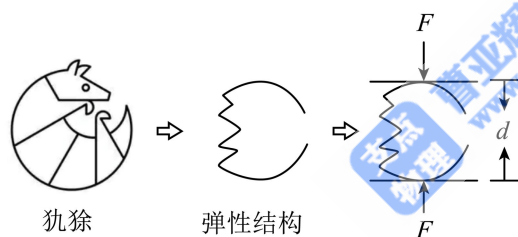
- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| A. 该过程位移为 0         | B. 该过程路程为 0          |
| C. 两次过 $a$ 点时速度方向相同 | D. 两次过 $a$ 点时摩擦力方向相同 |
2. 某同学冬季乘火车旅行，在寒冷的站台上从气密性良好的糖果瓶中取出糖果后拧紧瓶盖，将糖果瓶带入温暖的车厢内一段时间后，与刚进入车厢时相比，瓶内气体 ( )
- |             |              |
|-------------|--------------|
| A. 内能变小     | B. 压强变大      |
| C. 分子的数密度变大 | D. 每个分子动能都变大 |

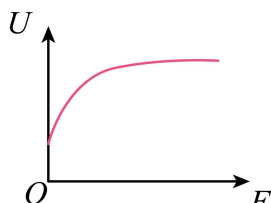
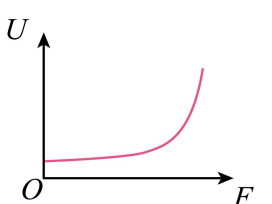
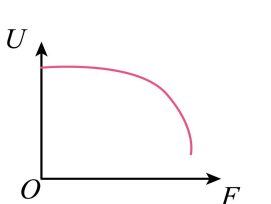
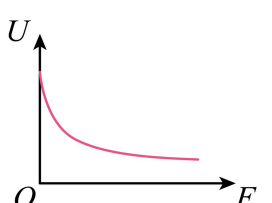
3. 如图，利用液导激光技术加工工件时，激光在液束流与气体界面发生全反射。若分别用甲、乙两种液体形成液束流，甲的折射率比乙的大，则（ ）



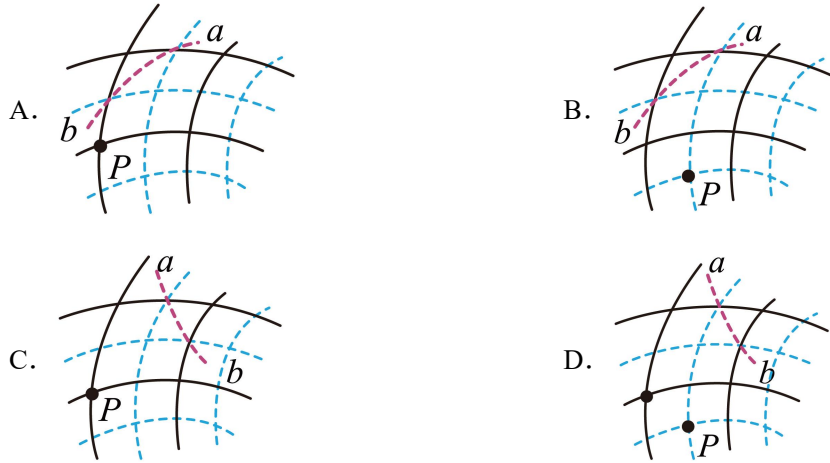
- A. 激光在甲中的频率大  
 B. 激光在乙中的频率大  
 C. 用甲时全反射临界角大  
 D. 用乙时全反射临界角大

4. 如图，某压力传感器中平行板电容器内的绝缘弹性结构是模仿犰狳设计的，逐渐增大施加于两极板压力  $F$  的过程中， $F$  较小时弹性结构易被压缩，极板间距  $d$  容易减小； $F$  较大时弹性结构闭合， $d$  难以减小。将该电容器充电后断开电源，极板间电势差  $U$  与  $F$  的关系曲线可能正确的是（ ）

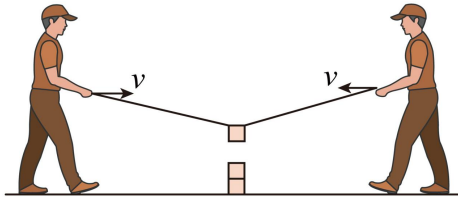


- A. 
- B. 
- C. 
- D. 

5. 平衡位置在同一水平面上的两个振动完全相同的点波源，在均匀介质中产生两列波。若波峰用实线表示，波谷用虚线表示， $P$  点位于其最大正位移处，曲线  $ab$  上的所有点均为振动减弱点，则下列图中可能满足以上描述的是（ ）

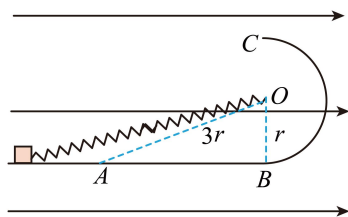


6. 如图，趣味运动会的“聚力建高塔”活动中，两长度相等的细绳一端系在同一塔块上，两名同学分别握住绳的另一端，保持手在同一水平面以相同速率  $v$  相向运动。为使塔块沿竖直方向匀速下落，则  $v$  ( )



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

7. 如图，光滑绝缘水平面  $AB$  与竖直面内光滑绝缘半圆形轨道  $BC$  在  $B$  点相切，轨道半径为  $r$ ，圆心为  $O$ ， $O$ 、 $A$  间距离为  $3r$ 。原长为  $2r$  的轻质绝缘弹簧一端固定于  $O$  点，另一端连接一带正电的物块。空间存在水平向右的匀强电场，物块所受的电场力与重力大小相等。物块在  $A$  点左侧释放后，依次经过  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点时的动能分别为  $E_{kA}$ 、 $E_{kB}$ 、 $E_{kC}$ ，则 ( )



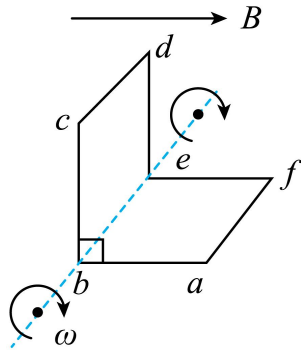
- A.  $E_{kA} < E_{kB} < E_{kC}$
- B.  $E_{kB} < E_{kA} < E_{kC}$
- C.  $E_{kA} < E_{kC} < E_{kB}$
- D.  $E_{kC} < E_{kA} < E_{kB}$

8. 某理论研究认为， $^{100}_{42}\text{Mo}$  原子核可能发生双  $\beta$  衰变，衰变方程为  $^{100}_{42}\text{Mo} \rightarrow ^A_{44}\text{Ru} + \gamma_{-1}^0\text{e}$ 。处于第二激发态的  $^A_{44}\text{Ru}$  原子核先后辐射能量分别为  $0.5908\text{MeV}$  和  $0.5395\text{MeV}$  的  $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$  两光子

后回到基态。下列说法正确的是 ( )

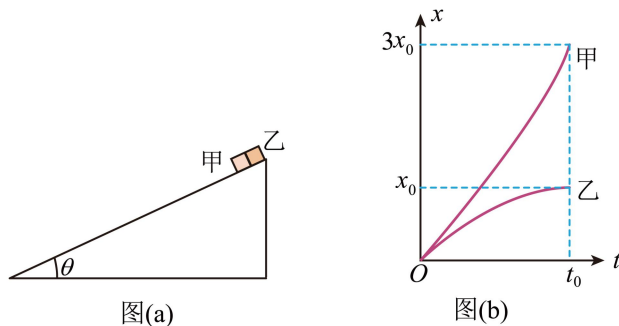
- A.  $A=100$
- B.  $y=2$
- C.  $\gamma_1$  的频率比  $\gamma_2$  的大
- D.  $\gamma_1$  的波长比  $\gamma_2$  的大

9. 如图, “L”形导线框置于磁感应强度大小为  $B$ 、水平向右的匀强磁场中。线框相邻两边均互相垂直, 各边长均为  $l$ 。线框绕  $b$ 、 $e$  所在直线以角速度  $\omega$  顺时针匀速转动,  $be$  与磁场方向垂直。  $t=0$  时,  $abef$  与水平面平行, 则 ( )



- A.  $t=0$  时, 电流方向为  $abcdefa$
- B.  $t=0$  时, 感应电动势为  $Bl^2\omega$
- C.  $t=\frac{\pi}{\omega}$  时, 感应电动势为 0
- D.  $t=0$  到  $t=\frac{\pi}{\omega}$  过程中, 感应电动势平均值为 0

10. 如图 (a), 倾角为  $\theta$  的足够长斜面放置在粗糙水平面上。质量相等的小物块甲、乙同时以初速度  $v_0$  沿斜面下滑, 甲、乙与斜面的动摩擦因数分别为  $\mu_1$ 、 $\mu_2$ , 整个过程中斜面相对地面静止。甲和乙的位置  $x$  与时间  $t$  的关系曲线如图 (b) 所示, 两条曲线均为抛物线, 乙的  $x-t$  曲线在  $t=t_0$  时切线斜率为 0, 则 ( )



- A.  $\mu_1 + \mu_2 = 2 \tan \theta$
- B.  $t=t_0$  时, 甲的速度大小为  $3v_0$

C.  $t = t_0$ 之前, 地面对斜面的摩擦力方向向左

D.  $t = t_0$ 之后, 地面对斜面的摩擦力方向向左

## 二、非选择题: 本题共 5 小题, 共 54 分。

11. 在测量某非线性元件的伏安特性时, 为研究电表内阻对测量结果的影响, 某同学设计了如图 (a) 所示的电路。选择多用电表的直流电压挡测量电压。实验步骤如下:

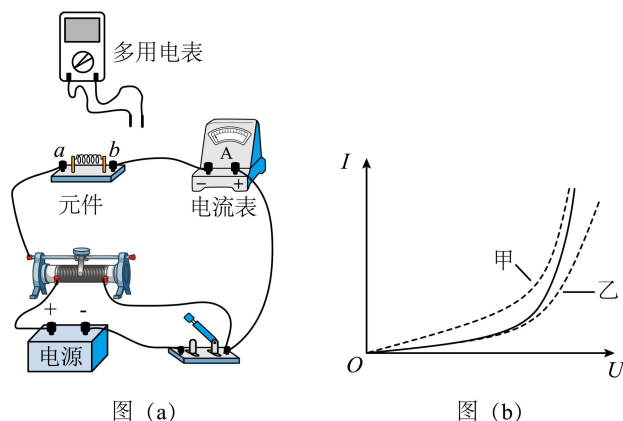


图 (a)

图 (b)

①滑动变阻器滑片置于适当位置, 闭合开关;

②表笔分别连  $a$ 、 $b$  接点, 调节滑片位置, 记录电流表示数  $I$  和  $a$ 、 $b$  间电压  $U_{ab}$ ;

③表笔分别连  $a$ 、 $c$  接点, 调节滑片位置, 使电流表示数仍为  $I$ , 记录  $a$ 、 $c$  间电压  $U_{ac}$ ;

④表笔分别连  $b$ 、 $c$  接点, 调节滑片位置, 使电流表示数仍为  $I$ , 记录  $b$ 、 $c$  间电压  $U_{bc}$ , 计算  $U_{ac} - U_{bc}$ ;

⑤改变电流, 重复步骤②③④, 断开开关。

作出  $I-U_{ab}$ 、 $I-U_{ac}$  及  $I-(U_{ac} - U_{bc})$  曲线如图 (b) 所示。

回答下列问题:

(1) 将多用电表的红、黑表笔插入正确的插孔, 测量  $a$ 、 $b$  间的电压时, 红表笔应连\_\_\_\_\_接点 (填“ $a$ ”或“ $b$ ”);

(2) 若多用电表选择开关旋转到直流电压挡“ $0.5V$ ”位置, 电表示数如图 (c) 所示, 此时电表读数为\_\_\_\_\_V (结果保留三位小数);

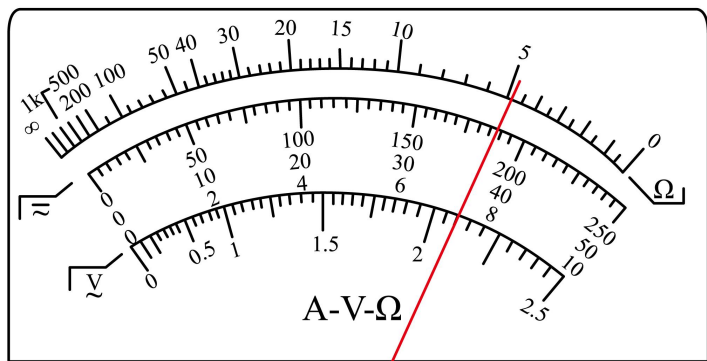


图 (c)

(3)图 (b) 中乙是\_\_\_\_\_ (填“ $I-U_{ab}$ ”或“ $I-U_{ac}$ ”) 曲线;

(4)实验结果表明, 当此元件阻值较小时, \_\_\_\_\_ (填“甲”或“乙”) 曲线与  $I-(U_{ac}-U_{bc})$  曲线更接近。

12. 某兴趣小组设计了一个可以测量质量的装置。如图 (a), 细绳 1、2 和橡皮筋相连于一点, 绳 1 上端固定在 A 点, 绳 2 下端与水杯相连, 橡皮筋的另一端与绳套相连。

为确定杯中物体质量  $m$  与橡皮筋长度  $x$  的关系, 该小组逐次加入等质量的水, 拉动绳套, 使绳 1 每次与竖直方向夹角均为  $30^\circ$  且橡皮筋与绳 1 垂直, 待装置稳定后测量对应的橡皮筋长度。根据测得数据作出  $x-m$  关系图线, 如图 (b) 所示。

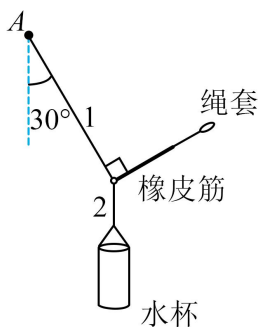


图 (a)

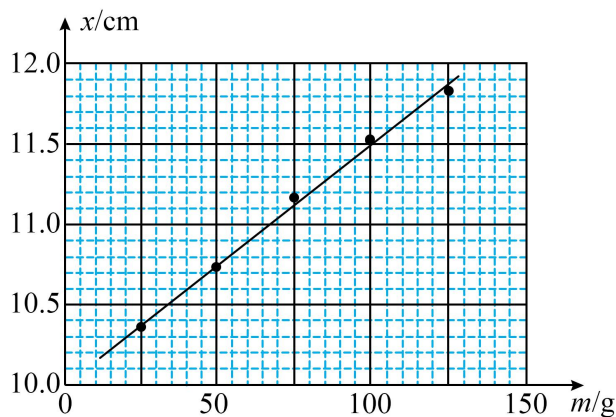


图 (b)

回答下列问题:

(1)将一芒果放入此空杯, 按上述操作测得  $x=11.60\text{cm}$ , 由图 (b) 可知, 该芒果的质量  $m_0 =$  \_\_\_\_\_ g (结果保留到个位)。若杯中放入芒果后, 绳 1 与竖直方向夹角为  $30^\circ$  但与橡皮筋不垂直, 由图像读出的芒果质量与  $m_0$  相比\_\_\_\_\_ (填“偏大”或“偏小”)。

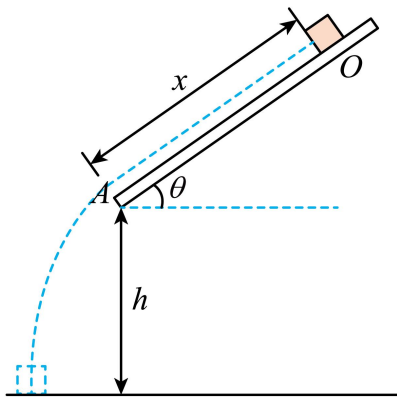
(2)另一组同学利用同样方法得到的  $x-m$  图像在后半部分弯曲, 下列原因可能的是

\_\_\_\_\_。

- A. 水杯质量过小
- B. 绳套长度过大
- C. 橡皮筋伸长量过大，弹力与其伸长量不成正比

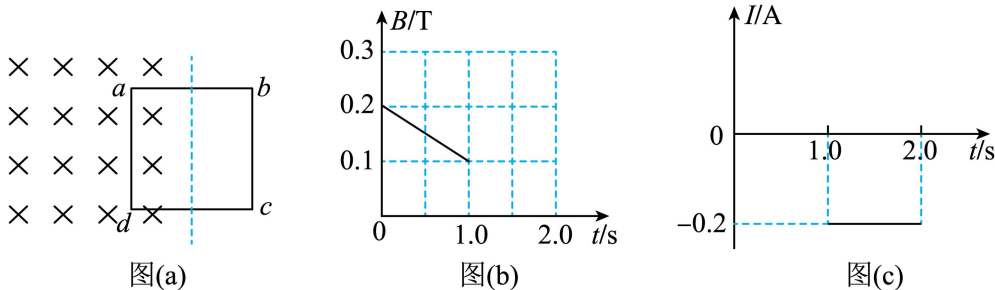
(3)写出一条可以使上述装置测量质量范围增大的措施\_\_\_\_\_。

13. 如图，一雪块从倾角  $\theta = 37^\circ$  的屋顶上的  $O$  点由静止开始下滑，滑到  $A$  点后离开屋顶。 $O$ 、 $A$  间距离  $x = 2.5\text{m}$ ， $A$  点距地面的高度  $h = 1.95\text{m}$ ，雪块与屋顶的动摩擦因数  $\mu = 0.125$ 。不计空气阻力，雪块质量不变，取  $\sin 37^\circ = 0.6$ ，重力加速度大小  $g = 10\text{m/s}^2$ 。求：



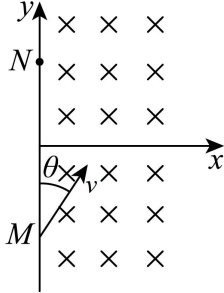
- (1)雪块从  $A$  点离开屋顶时的速度大小  $v_0$ ；
- (2)雪块落地时的速度大小  $v_1$ ，及其速度方向与水平方向的夹角  $\alpha$ 。

14. 如图 (a)，固定在光滑绝缘水平面上的单匝正方形导体框  $abcd$ ，置于始终竖直向下的匀强磁场中， $ad$  边与磁场边界平行， $ab$  边中点位于磁场边界。导体框的质量  $m = 1\text{kg}$ ，电阻  $R = 0.5\Omega$ 、边长  $L = 1\text{m}$ 。磁感应强度  $B$  随时间  $t$  连续变化， $0 \sim 1\text{s}$  内  $B-t$  图像如图 (b) 所示。导体框中的感应电流  $I$  与时间  $t$  关系图像如图 (c) 所示，其中  $0 \sim 1\text{s}$  内的图像未画出，规定顺时针方向为电流正方向。



- (1)求  $t = 0.5\text{s}$  时  $ad$  边受到的安培力大小  $F$ ；
- (2)画出图(b)中  $1 \sim 2\text{s}$  内  $B-t$  图像 (无需写出计算过程)；
- (3)从  $t = 2\text{s}$  开始，磁场不再随时间变化。之后导体框解除固定，给导体框一个向右的初速度  $v_0 = 0.1\text{m/s}$ ，求  $ad$  边离开磁场时的速度大小  $v_1$ 。

15. 如图, 在  $xOy$  平面第一、四象限内存在垂直平面向里的匀强磁场, 磁感应强度大小为  $B$ , 一带正电的粒子从  $M(0, -y_0)$  点射入磁场, 速度方向与  $y$  轴正方向夹角  $\theta = 30^\circ$ , 从  $N(0, y_0)$  点射出磁场。已知粒子的电荷量为  $q(q > 0)$ , 质量为  $m$ , 忽略粒子重力及磁场边缘效应。



(1) 求粒子射入磁场的速度大小  $v_1$  和在磁场中运动的时间  $t_1$ 。

(2) 若在  $xOy$  平面内某点固定一负点电荷, 电荷量为  $48q$ , 粒子质量取  $m = \frac{B^2 y_0^3}{k}$  ( $k$  为静电力常量), 粒子仍沿 (1) 中的轨迹从  $M$  点运动到  $N$  点, 求射入磁场的速度大小  $v_2$ 。

(3) 在 (2) 问条件下, 粒子从  $N$  点射出磁场开始, 经时间  $t_2$  速度方向首次与  $N$  点速度方向相反, 求  $t_2$  (电荷量为  $Q$  的点电荷产生的电场中, 取无限远处的电势为 0 时, 与该点电荷距离为  $r$  处的电势  $\varphi = \frac{kQ}{r}$ )。

1. A

【详解】A. 笔尖由  $a$  点经  $b$  点回到  $a$  点过程，初位置和末位置相同，位移为零，故 A 正确；

B. 笔尖由  $a$  点经  $b$  点回到  $a$  点过程，轨迹长度不为零，则路程不为零，故 B 错误；

C. 两次过  $a$  点时轨迹的切线方向不同，则速度方向不同，故 C 错误；

D. 摩擦力方向与笔尖的速度方向相反，则两次过  $a$  点时摩擦力方向不同，故 D 错误。

故选 A。

2. B

【详解】A. 将糖果瓶带入温暖的车厢内一段时间后，温度升高，而理想气体内能只与温度相关，则内能变大，故 A 错误；

B. 将糖果瓶带入温暖的车厢过程，气体做等容变化，根据  $\frac{p}{T} = C$ ，因为温度升高，则压强变大，故 B 正确；

C. 气体分子数量不变，气体体积不变，则分子的数密度不变，故 C 错误；

D. 温度升高，气体分子的平均动能增大，但不是每个分子的动能都增大，故 D 错误。

故选 B。

3. D

【详解】AB. 激光在不同介质中传播时，其频率不变，故 AB 错误；

CD. 根据  $\sin C = \frac{1}{n}$ ，甲的折射率比乙的大，则用乙时全反射临界角大，故 C 错误，D 正确。

故选 D。

4. D

【详解】根据公式  $Q = CU$  和电容的决定式  $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$

可得  $U = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S} \cdot d$

根据题意  $F$  较小时易被压缩，故可知当  $F$  较小时，随着  $F$  的增大， $d$  在减小，且减小的越来越慢，与电源断开后  $Q$  不变，故此时极板间的电势差  $U$  在减小，且减小的越来越慢；当  $F$  增大到一定程度时，再增大  $F$  后， $d$  基本不变，故此时  $U$  保持不变，结合图像，最符合情境的是 D 选项。

故选 D。

5. C

【详解】根据题意  $P$  点位于其最大正位移处，故可知此时  $P$  点位于两列波的波峰与波峰相

交界处；根据干涉规律可知，相邻波峰与波峰，波谷与波谷连线上的点都是加强点，故 A 图像中的曲线  $ab$  上的点存在振动加强点，不符合题意。

故选 C。

6. B

【详解】设两边绳与竖直方向的夹角为  $\theta$ ，塔块沿竖直方向匀速下落的速度为  $v_{\text{块}}$ ，将  $v_{\text{块}}$  沿绳方向和垂直绳方向分解，将  $v$  沿绳子方向和垂直绳方向分解，可得  $v_{\text{块}} \cos \theta = v \sin \theta$

$$\text{解得 } v = \frac{v_{\text{块}}}{\tan \theta}$$

由于塔块匀速下落时  $\theta$  在减小，故可知  $v$  一直增大。

故选 B。

7. C

【详解】由题意可得 A 点弹簧伸长量为  $r$ ，B 点和 C 点弹簧压缩量为  $r$ ，即三个位置弹簧弹性势能相等，则由 A 到 B 过程中弹簧弹力做功为零，电场力做正功，动能增加， $E_{kB} > E_{kA}$

同理 B 到 C 过程中弹簧弹力和电场力做功都为零，重力做负功，则动能减小， $E_{kB} > E_{kC}$

由 A 到 C 全过程则有  $qEl_{AB} - mgl_{BC} = E_{kC} - E_{kA} > 0$

因此  $E_{kB} > E_{kC} > E_{kA}$

故选 C。

8. ABC

【详解】AB. 由核反应方程质量数和电荷数守恒可得  $100 = A + 0, 42 = 44 - y$

解得  $A = 100, y = 2$ ，AB 正确；

CD. 由题可得  $\gamma_1$  光子的能量大于  $\gamma_2$  光子的能量，光子的能量公式  $\varepsilon = h\nu$ ，波长  $\lambda = \frac{c}{\nu}$

可得  $\gamma_1$  的频率大于  $\gamma_2$  的频率， $\gamma_1$  的波长小于  $\gamma_2$  的波长，C 正确，D 错误；

故选 ABC。

9. AB

【详解】AB. 线框旋转切割磁场产生电动势的两条边为  $cd$  和  $af$ ， $t = 0$  时刻  $cd$  边速度与磁场方向平行，不产生电动势，因此此时  $af$  边切割产生电动势，由右手定则可知电流方向为  $abcdefa$ ，电动势为  $E = Blv = Bl\omega l = Bl^2\omega$ ，AB 正确；

C.  $t = \frac{\pi}{\omega}$  时，线框旋转  $180^\circ$ ，此时依旧是  $af$  边切割磁场产生电动势，感应电动势不为零，

C 错误；

D.  $t = 0$  到  $t = \frac{\pi}{\omega}$  时，线框  $abef$  的磁通量变化量为零，线框  $bcde$  的磁通量变化量为

$$\Delta\Phi = 2BS = 2Bl^2$$

由法拉第电磁感应定律可得平均电动势为  $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{2B\omega l^2}{\pi}$ ，D 错误。

故选 AB。

#### 10. AD

【详解】B. 位置  $x$  与时间  $t$  的图像的斜率表示速度，甲乙两个物块的曲线均为抛物线，则甲物体做匀加速运动，乙物体做匀减速运动，在  $t_0$  时间内甲乙的位移可得

$$x_{\text{甲}} = \frac{v_0 + v}{2} t_0 = 3x_0, x_{\text{乙}} = \frac{v_0 + 0}{2} t_0 = x_0$$

可得  $t_0$  时刻甲物体的速度为  $v = 2v_0$ ，B 错误；

A. 甲物体的加速度大小为  $a_1 = \frac{v - v_0}{t_0}$

乙物体的加速度大小为  $a_2 = \frac{v_0}{t_0}$

由牛顿第二定律可得甲物体  $mg \sin \theta - \mu_1 mg \cos \theta = ma_1$

同理可得乙物体  $\mu_2 mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma_2$

联立可得  $\mu_1 + \mu_2 = 2 \tan \theta$ ，A 正确

C. 设斜面的质量为  $M$ ，取水平向左为正方向，由系统牛顿第二定理可得

$$f = ma_1 \cos \theta - ma_2 \cos \theta = 0$$

则  $t = t_0$  之前，地面和斜面之间摩擦力为零，C 错误；

D.  $t = t_0$  之后，乙物体保持静止，甲物体继续沿下面向下加速，由系统牛顿第二定理可得

$$f = ma_1 \cos \theta$$

即地面对斜面的摩擦力向左，D 正确。

故选 AD。

#### 11. (1)a

(2)0.377##0.376##0.378

(3)  $I-U_{ac}$

(4) 甲

【详解】(1) 电流从红表笔流入，黑表笔流出，故测量  $a$ 、 $b$  间的电压时，红表笔应连  $a$  接点。

(2) 0.5V 的直流电压挡，分度值为 0.01V，由图可知此时电压表读数为 0.377V。

(3) 由图可知，当表笔分别连  $a$ 、 $c$  接点时测得是元件和电流表两端的电压和电流，则

$$R_{ac} = \frac{U_{ac}}{I}$$

当表笔分别连  $a$ 、 $b$  接点时测得是元件两端的电压和电流，则  $R_{ab} = \frac{U_{ab}}{I}$

由于  $R_{ac} > R_{ab}$

所以相同电流情况下， $U_{ac} > U_{ab}$

故图 (b) 中乙是  $I-U_{ac}$  曲线。

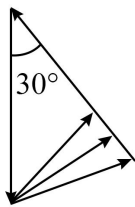
(4) 由题意可知， $I-(U_{ac}-U_{bc})$  图像测得是元件两端的电压和电流的关系，则实验结果表明，当此元件阻值较小时，甲曲线与  $I-(U_{ac}-U_{bc})$  曲线更接近。

12. (1) 106 偏大

(2) C

(3) 减小细线与竖直方向的夹角

【详解】(1) [1]操作测得  $x=11.60\text{cm}$ ，由图 (b) 的图像坐标可知，该芒果的质量为 106g；[2]若杯中放入芒果后，绳 1 与竖直方向夹角为  $30^\circ$  但与橡皮筋不垂直，根据共点力平衡可知橡皮条的拉力变大，导致橡皮筋的长度偏大，若仍然根据图像读出芒果的质量与  $m_0$  相比偏大。



(2) 另一组同学利用同样方法得到的  $x-m$  图像在后半部分弯曲，可能是所测物体的质量过大，导致橡皮筋所受的弹力过大超过了弹簧的弹性限度，从而使橡皮筋弹力与其伸长量不成正比。

故选 C。

(3) 根据共点力平衡条件可知，当减小绳子与竖直方向的夹角时，相同的物体质量对应橡皮筋的拉力较小，故相同的橡皮筋，可减小细线与竖直方向的夹角可增大质量测量范围。

13. (1) 5m/s

(2) 8m/s,  $60^\circ$

【详解】(1) 雪块在屋顶上运动过程中，由动能定理  $mgx \sin \theta - \mu mg \cos \theta \cdot x = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$

代入数据解得雪块到 A 点速度大小为  $v_0 = 5\text{m/s}$

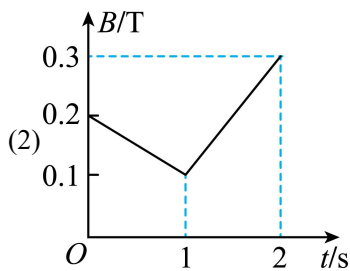
(2) 雪块离开屋顶后，做斜下抛运动，由动能定理  $mgh = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

代入数据解得雪块到地面速度大小  $v_1 = 8\text{m/s}$

速度与水平方向夹角  $\alpha$ ，满足  $\cos \alpha = \frac{v_0 \cos \theta}{v_1} = \frac{5 \times 0.8}{8} = \frac{1}{2}$

解得  $\alpha = 60^\circ$

14. (1) 0.015N



(3) 0.01m/s

【详解】(1) 由法拉第电磁感应定律  $E_1 = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B \cdot \frac{1}{2}L^2}{\Delta t} = \frac{0.2 - 0.1}{1 - 0} \times \frac{1}{2} \times 1^2 \text{V} = 0.05\text{V}$

由闭合电路欧姆定律可知，0~1s 内线框中的感应电流大小为  $I_1 = \frac{E_1}{R} = 0.1\text{A}$

由图 (b) 可知， $t = 0.5\text{s}$  时磁感应强度大小为  $B_{0.5} = 0.15\text{T}$

所以此时导线框  $ad$  的安培力大小为  $F = B_{0.5}I_1L = 0.15 \times 0.1 \times 1\text{N} = 0.015\text{N}$

(2) 0~1s 内线框内的感应电流大小为  $I_1 = 0.1\text{A}$ ，根据楞次定律及安培定则可知感应电流方向为顺时针，由图 (c) 可知 1~2s 内的感应电流大小为  $I_2 = 0.2\text{A}$

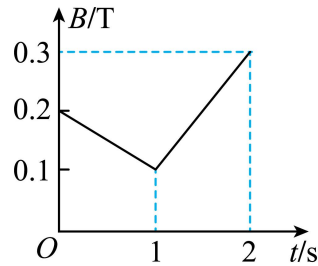
方向为逆时针，根据欧姆定律可知 1~2s 内的感应电动势大小为  $E_2 = I_2R = 0.1\text{V}$

由法拉第电磁感应定律  $E_2 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B \cdot \frac{1}{2}L^2}{\Delta t} = 0.1V$

可知1~2s内磁感应强度的变化率为  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{B_2 - B_1}{\Delta t} = 0.2T/s$

解得  $t = 2s$ 时磁感应强度大小为  $B_2 = 0.3T$

方向垂直于纸面向里，故1~2s的磁场随时间变化图为



(3) 由动量定理可知  $-B_2 \bar{I} L \Delta t = mv_1 - mv_0$

其中  $q = \bar{I} \Delta t = \frac{\bar{E}}{R} \Delta t = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{\frac{1}{2}B_2 L^2}{R}$

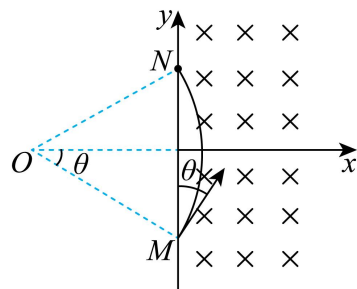
联立解得  $ad$  经过磁场边界的速度大小为  $v_1 = 0.01m/s$

15. (1)  $\frac{2qBy_0}{m}, \frac{\pi m}{3qB}$

(2)  $\frac{6kq}{By_0^2}$

(3)  $\frac{2\sqrt{3}\pi By_0^3}{3kq}$

【详解】(1) 作出正电荷在磁场中运动的轨迹，如图所示



由几何关系可知，正电荷在磁场中做匀速圆周运动的半径为  $r = \frac{y_0}{\sin\theta} = 2y_0$

由洛伦兹力提供向心力  $qv_1 B = m \frac{v_1^2}{r}$

解得正电荷的入射速度大小为  $v_1 = \frac{2qBy_0}{m}$

正电荷在磁场中运动的周期为  $T = \frac{2\pi r}{v_1} = \frac{2\pi m}{qB}$

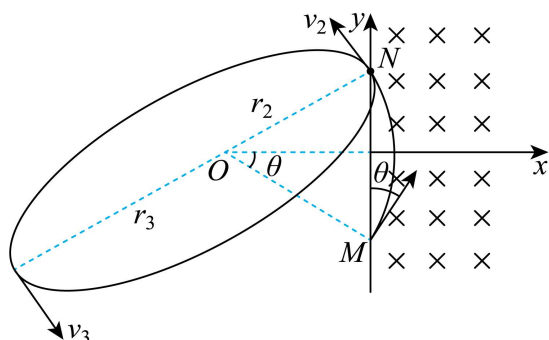
所以正电荷从  $M$  运动到  $N$  的时间为  $t_1 = \frac{2\theta}{2\pi} T = \frac{\pi m}{3qB}$

(2) 由题意可知, 在  $xOy$  平面内的负电荷在圆心  $O$  处, 由牛顿第二定律可知

$$qv_2 B + k \frac{48q^2}{r^2} = m \frac{v_2^2}{r}, \text{ 其中 } m = \frac{B^2 y_0^3}{k}$$

解得  $v_2 = \frac{6kq}{By_0^2}$  或  $v_2 = \frac{-4kq}{By_0^2}$  (舍去)

(3) 在 (2) 的条件下, 正电荷从  $N$  点离开磁场后绕负电荷做椭圆运动, 如图所示



由能量守恒定律得  $\frac{1}{2} m v_2^2 - q \frac{k48q}{r_2} = \frac{1}{2} m v_3^2 - q \frac{k48q}{r_3}$

由开普勒第二定律可知  $v_2 r_2 = v_3 r_3$

其中  $r_2 = 2y_0$

联立解得  $r_3 = 6y_0$

由牛顿第二定律  $k \frac{48q^2}{\left(\frac{r_2+r_3}{2}\right)^2} = m \left(\frac{r_2+r_3}{2}\right) \frac{4\pi^2}{T^2}$

解得  $T = \frac{4\sqrt{3}\pi B y_0^3}{3kq}$

故正电荷从  $N$  点离开磁场后到首次速度变为与  $N$  点的射出速度相反的时间为  $t_2 = \frac{2\sqrt{3}\pi B y_0^3}{3kq}$