2026 北京房山高三二模

物　　理

本试卷共 8 页，满分 100 分，考试时长 90 分钟。考生务必将答案填涂或书写在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将试卷和答题卡一并交回。

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. 某气象气球内封闭了一定质量的理想气体，气球携带探测仪器从地面缓慢升至高空。若升空过程中球内气体温度逐渐降低，体积逐渐增大，则下列说法正确的是（　　）

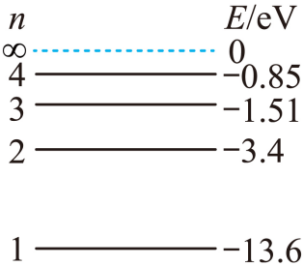
A. 外界对气球内气体做正功

B. 气球内气体压强一定增大

C. 气球内气体分子平均动能增大

D. 气球内气体可能向外界放热

2. 氢原子的能级结构如图所示，下列说法正确的是（　　）



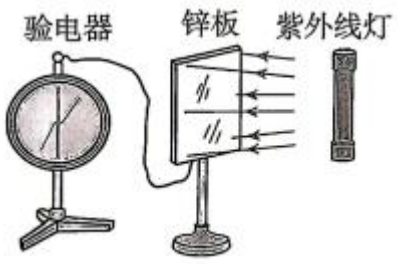
A. 由基态跃迁到激发态后，核外电子动能增大

B. 用 11 eV 的光子照射，能使处于基态的氢原子跃迁到激发态

C. 氢原子外层电子在不同能级上绕核运动时，不辐射电磁波

D. 大量 n=3 激发态的氢原子，向 n=1 的基态跃迁时可辐射出 2 种不同频率的光子

3. 将锌板与验电器相连，验电器指针闭合。用紫外线灯照射锌板，验电器指针张开一定张角，如图所示。移去紫外线灯，验电器张角保持稳定。随后用红外线灯照射锌板，验电器指针张角保持不变。下列说法正确的是（　　）



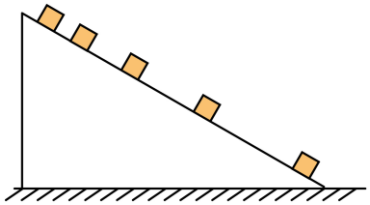
A. 紫外线灯照射后，验电器带正电

B. 延长红外线照射时间，验电器指针张角将增大

C. 增大红外线光照强度，验电器指针张角将增大

D. 用丝绸摩擦的玻璃棒靠近锌板，验电器指针张角将减小

4. 小物块沿粗糙斜面从静止开始向下滑动，频闪相机每隔相同时间拍照一次，拍摄的频闪照片如图所示，斜面始终与地面保持静止。在下滑过程中，下列说法正确的是（　　）



A. 小物块受到的摩擦力沿斜面向下

B. 斜面受到 5 个力作用

C. 地面对斜面的摩擦力方向水平向左

D. 地面对斜面的支持力等于斜面与小物块的重力之和

5. 2025 年 11 月 1 日 3 时 22 分，神舟二十一号飞船成功对接空间站天和核心舱前向端口，整个对接过程历时约 3.5 小时，创造了神舟飞船与空间站交会对接的最快纪录。为了此次对接，空间站于 2025 年 10 月 17 日实施了变轨操作，使空间站近地点高度提升约 4.7 公里，远地点高度增加约 9.2 公里。下列说法正确的是（　　）

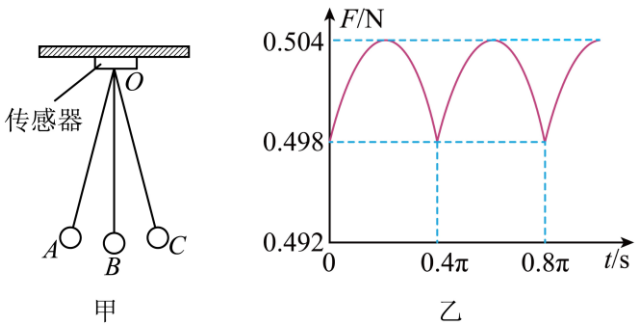
A. 空间站的运行速度比第一宇宙速度大

B. 变轨后，空间站的运行周期变大

C. 空间站在远地点的速度大于它在近地点的速度

D. 从远地点向近地点运行时，地球引力对空间站做负功

6. 如图甲所示，传感器固定在天花板上，将单摆一端固定在传感器上的 O 点。t=0 时刻，将摆球拉到 A 点由静止释放，让其在 A、C 之间来回摆动（摆角小于 5°），其中 B 点为最低点。图乙表示细线对摆球的拉力大小 F 随时间 t 变化的图像，忽略空气阻力，重力加速度 g 取 10 m/s²。下列说法正确的是（　　）

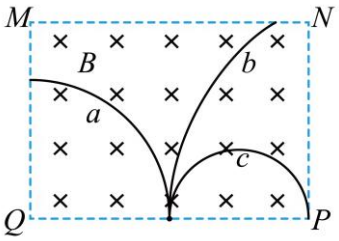


A. 单摆的周期为 0.4 πs

B. 根据所给数据不能求出摆球的质量

C. 摆球所受合力提供摆球振动的回复力　　D. 单摆的摆长为 1.6 m

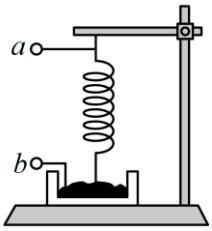
7. 如图所示，矩形虚线框 *MNPQ* 内有一匀强磁场，磁感应强度方向垂直纸面向里。*a*、*b*、*c* 是三个质量和电荷量都相等的带电粒子，它们从 *PQ* 边上的中点沿垂直于磁场的方向射入磁场，图中画出了它们在磁场中的运动轨迹。粒子重力不计，下列说法正确的是（　　）



A. 粒子 *a* 带负电　　B. 粒子 *b* 的动能最大

C. 粒子 *c* 在磁场中运动的时间最短　　D. 粒子 *c* 在磁场中运动时受到的向心力最大

8. 如图所示，把一根柔软的铜制弹簧悬挂起来，使它的下端刚好跟槽中的水银接触，再将 *a*、*b* 端分别与一直流电源两极相连；发现弹簧开始上下振动，电路交替通断。则下列说法正确的是（　　）



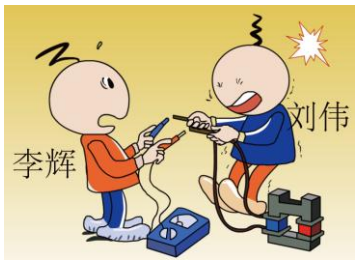
A. 通入电流时，弹簧各相邻线圈之间相互排斥

B. 将 *a*、*b* 端的极性对调，弹簧将不再上下振动

C. 换用交流电，无法使弹簧上下振动

D. 增大电流，弹簧下端离开水银液面的最大高度一定变大

9. 如图所示，李辉用多用电表的欧姆挡测量变压器线圈的电阻，为方便操作，刘伟用两手分别握住线圈裸露的两端，完成读数后，李辉把多用电表的表笔与被测线圈脱离，此时刘伟感觉有电击感。下列说法正确的是（　　）



A. 发生电击瞬间，多用电表可能损坏

B. 发生电击瞬间，变压器线圈中的电流变大

C. 发生电击前后，通过刘伟的电流方向相反

D. 若李辉握住表笔金属部分，也会感觉有电击感

10. 如图 1 所示，金属圆筒接高压电源负极，其轴线上的金属线接电源正极，筒内会形成轴对称的辐向电场，场中各点的电场强度 E 的大小与点到轴线的距离 r 成反比（$E \propto \frac{1}{r}$）。质量为 m、电荷量为 q 的粒子仅在电场力作用下，可绕轴线做半径不同的匀速圆周运动（如图 2 所示），则下列说法正确的是（　　）

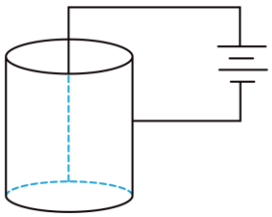


图1

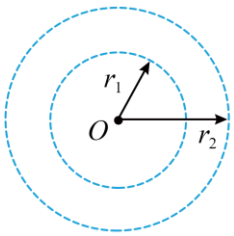


图2

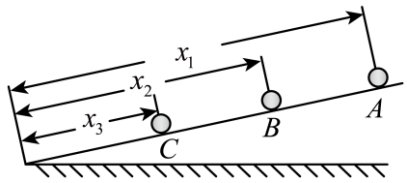
A. 粒子带正电

B. 粒子在 r_2 轨道上受的力比 r_1 轨道上受的力大

C. 粒子在两轨道上运动的速率相等

D. 粒子在 r_1 轨道上的电势能比在 r_2 轨道上的电势能大

11. 在研究自由落体运动时，伽利略让一个铜球从阻力很小（可忽略不计）的斜面上由静止开始滚下，他在斜面上任取三个位置 A、B、C，让小球分别由 A、B、C 滚下，如图所示。并且重复了上百次。设 A、B、C 与斜面底端的距离分别为 x_1、x_2、x_3，小球由 A、B、C 运动到斜面底端的时间分别为 t_1、t_2、t_3，小球由 A、B、C 运动到斜面底端时的速度分别为 v_1、v_2、v_3，下列关系式是伽利略证明小球沿光滑斜面向下的运动是匀变速直线运动的是（　　）



A. $\frac{x_1}{t_1^2}=\frac{x_2}{t_2^2}=\frac{x_3}{t_3^2}$

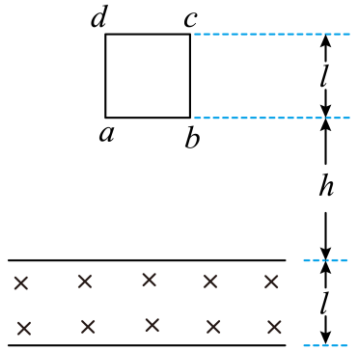
B. $\frac{x_1}{t_1}=\frac{x_2}{t_2}=\frac{x_3}{t_3}$

C. $\frac{v_1}{t_1}=\frac{v_2}{t_2}=\frac{v_3}{t_3}$

D. $x_2-x_3=x_1-x_2$

12. 如图所示，一质量为 m、边长为 l 的正方形导线框 $abcd$，由高度 h 处自由下落，ab 边进入磁感应强度为 B 的匀强磁场区域后，线框开始做匀速运动，直到 dc 边刚刚开始穿出磁场为止。已知磁场区域宽度为

l。重力加速度为 g，不计空气阻力。线框在穿越磁场过程中，下列说法正确的是（　　）



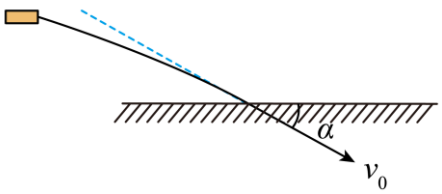
A. 进入磁场时，线框感应电流为 $adcba$ 方向

B. 线框穿越磁场的过程中电流大小为 $\frac{Bl}{mg}$

C. 线框穿越磁场的过程中产生的焦耳热为 $2mgl$

D. 进入磁场的过程中，通过线框导线的电荷量为 $\frac{m\sqrt{2g(h+l)}}{2B(h+l)}$

13. 运用动量定理处理二维问题时，可以在相互垂直的 x、y 两个方向上分别研究。如图所示，质量为 m 的弹性薄片沿倾斜方向落到足够大水平弹性面上，碰前瞬间速度为 v_0，方向与水平方向夹角 α=30°。薄片与弹性面间的动摩擦因数 μ=0.5。不计空气阻力，碰撞过程中忽略薄片重力。薄片每次碰撞前后竖直方向的速度大小保持不变，并且在运动过程中始终没有旋转。下列说法正确的是（　　）



A. 第一次碰撞过程中，薄片竖直方向的动量变化量大小为 $2mv_0$

B. 前两次与水平面碰撞过程中，薄片受到的冲量相同

C. 在与水平面多次碰撞后，薄片最终将静止在水平面上

D. 与水平面碰撞两次后，薄片水平位移将不再增加

14. 赛艇比赛分单人艇、双人艇、四人艇、八人艇。研究者对各种赛艇比赛的 2000 米成绩数据进行分析后推测：比赛成绩 t（时间）与桨手数量 n 之间应存在一定的关系。为探究 t-n 在简化条件下的关系式，现建立以下物理模型：

①认为赛艇沿前进方向的横截面积 S 与其浸入水中的体积 V 满足 $S \propto V^{\frac{2}{3}}$；

②艇重 G_0 与桨手数 n 的比值为常数，即 $G_0 \propto n$；

③比赛全过程视为赛艇匀速运动，当速度为 v 时赛艇受到的阻力 f 满足 $f \propto Sv^2$；

④每个桨手的体重 G 都相同，比赛中每个桨手划桨的功率 P 均恒定，且 $P \propto G$。

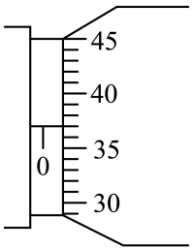
根据以上物理模型，下列关系式可能正确的是（　　）

A. $P \propto \frac{fv}{n}$　　B. $v \propto n^{\frac{1}{3}}$　　C. $t \propto n^{-\frac{2}{9}}$　　D. $S \propto n^{\frac{3}{2}}$

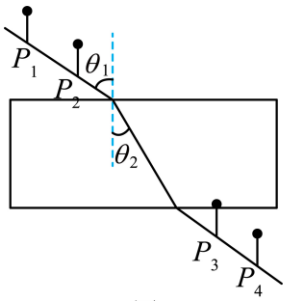
第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

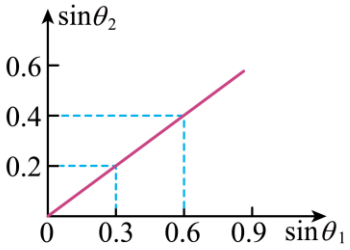
15. 用螺旋测微器测某金属丝的直径，示数如图所示。则此次测量的结果为_____mm。



16. 如图甲所示，用插针法测定玻璃砖折射率的实验中，测得入射角和折射角的正弦值画出的图像如图乙所示，从图像可知玻璃砖的折射率是_____。

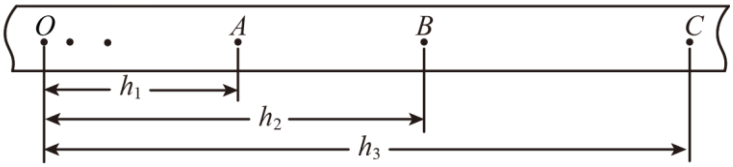


甲



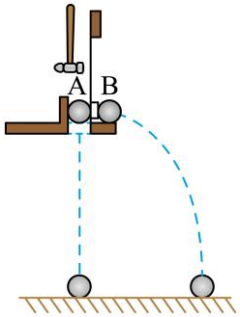
乙

17. 某同学利用自由落体运动测量重力加速度，打点计时器在随重锤下落的纸带上打下一系列点迹。纸带的其中一部分如图所示，A、B、C 为纸带上标出的 3 个连续计数点，通过测量得到 OA 间距离为 h_1，OB 间距离为 h_2，OC 间距离为 h_3，相邻计数点间的时间间隔为 T。则打下 B 点时，重锤下落的速度 v_B=_____，测得的重力加速度 g=_____。



18. 某同学做“探究平抛运动的特点”实验。

（1）该同学先用如图所示的器材进行实验。他用小锤打击弹性金属片，B 球就水平飞出，同时 A 球被松开，做自由落体运动，改变小球距地面的高度和打击小球的力度，多次重复实验，均可以观察到 A、B 两球同时落地。实验可以说明_____。

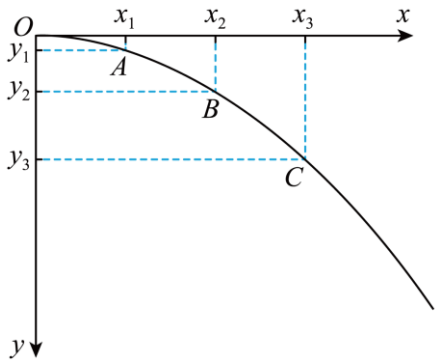


A. 平抛运动在水平方向上是匀速直线运动

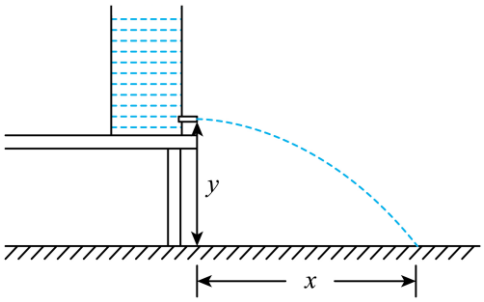
B. 平抛运动在竖直方向上是自由落体运动

C. 平抛运动在水平方向上是匀速直线运动，竖直方向上是自由落体运动

（2）为了在（1）实验结论的基础上进一步研究平抛运动的规律，该同学描绘出小球做平抛运动的轨迹。如图所示，以小球的抛出点 O 为原点，水平方向为 x 轴，竖直方向为 y 轴建立坐标系。该同学在轨迹上测量出 A、B、C 三点的坐标分别为（x_1，y_1）、（x_2，y_2）和（x_3，y_3）。如果坐标满足_____关系，说明小球抛出后在 O、A、B、C 相邻两点间运动经历了相等的时间间隔。同时，如果坐标还满足_____关系，那么证明小球的水平分运动是匀速直线运动。



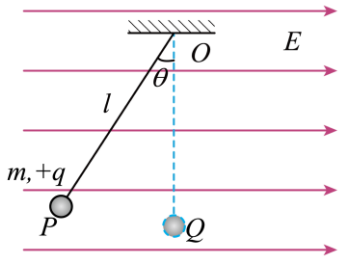
（3）如图为某同学在家设计的探究平抛运动的实验装置。在一个较高的塑料瓶侧壁靠近底部的位置钻一个小孔，在小孔处沿水平方向固定一小段吸管作为出水口。将塑料瓶放在距地面一定高度的水平桌面上，在瓶中装入一定高度的水，水由出水口射出，落向地面。通过测量出水口到地面的高度 y 和水柱的水平射程 x 来研究平抛运动。在实验测量过程中，该同学发现测量水柱的水平射程 x 时，x 的数值会变化。



a．请分析水平射程 x 数值变化的原因。

b．为了尽量保持水平射程 x 稳定不变，请你提供一个对装置的改进建议。

19. 如图所示，一质量为 m、电荷量为$+q$ 的小球，用长为 l 的绝缘细线悬挂于 O 点。小球静止时位于图中的 Q 点。若将该装置放在水平方向匀强电场中，小球静止于图中的 P 点，此时细线与竖直方向的夹角 θ=37°。已知重力加速度为 g，sin 37°=0.6，cos 37°=0.8。

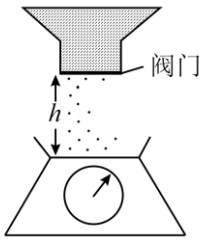


（1）判断电场方向，计算该匀强电场的电场强度的大小 E。

（2）若规定 Q 点位置电势为零，求 P 点电势 φ。

（3）若带电小球从 Q 点由静止释放，求小球再次到达 P 点时的速度的大小 v。

20. 如图所示，某自动称米机阀门距秤盘的高度 h=0.2 m，当阀门打开时大米从静止开始下落，大米与秤盘的碰撞时间极短且不反弹（碰撞过程重力可忽略）。当称米机的示数为 1 kg 时，阀门在电机控制下立即关闭。已知大米的流量（单位时间内流出的质量）Q=0.1 kg/s，重力加速度 g 取 10 m/s^2，忽略空气阻力及大米在秤盘堆积的高度，求：



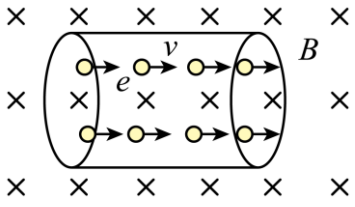
（1）大米落到秤盘前瞬间速度的大小 v 和阀门关闭瞬间空中大米的质量 m。

（2）大米与秤盘碰撞时对秤盘冲击力的大小 F。

（3）稳定后（空中的大米全部落入秤盘），称米机的示数 M。

21. 对于同一个物理问题，常常可以从宏观和微观两个不同角度进行研究，找出其内在联系，从而更加深刻地理解其物理本质。

（1）如图所示，一段长直导线，垂直于磁场方向放置在磁感应强度为 B 匀强磁场中，自由电子电荷量为 e。导线通有电流时，自由电子定向移动的速率均为 v。电荷定向运动时所受洛伦兹力的矢量和，在宏观上表现为导线所受的安培力。按照这个思路，请你尝试由安培力的表达式推导出洛伦兹力的表达式。

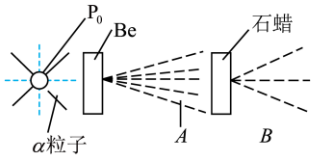


（2）正方体密闭容器中有大量运动粒子，每个粒子质量为 m，单位体积内粒子数量 n 为恒量。为简化问

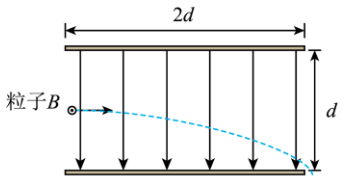
题，我们假定：粒子大小可以忽略；其速率均为 v，且与器壁各面碰撞的机会均等；与器壁碰撞前后瞬间，粒子速度方向都与器壁垂直，且速率不变。利用所学力学知识，导出器壁单位面积所受粒子压力 f 与 m、n 和 v 的关系。

（3）已知某地空气的密度为 ρ，单个气体分子的质量为 m，气体分子平均动能为 E_k，假设此地空气为理想气体，估算当地大气压强 p。

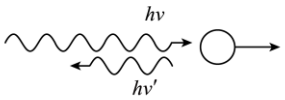
22. 如图（a），科学家用 α 粒子轰击铍靶，发现一种穿透性极强的中性射线 A，A 继续轰击石蜡（含氢物质），打出射线 B。为了研究射线 B 的本质，让射线 B 从一平行板电容器的两极板中间沿水平方向射入，如图（b）所示。若在两极板间施加电压 U，射线 B 中速度最大的粒子恰好从极板的下边缘射出。再在极板间施加一个方向垂直纸面向里、磁感应强度为 B 的匀强磁场，速度最大的粒子恰好沿水平方向做直线运动。已知极板长度为 $2d$，极板间距为 d、因为氢核运动速率远小于光速，相对论效应可忽略。



图(a)



图(b)



图(c)

（1）若 α 粒子轰击铍核 ${}^{9}_{4}\mathrm{Be}$ 生成碳核 ${}^{12}_{6}\mathrm{C}$ 和某种未知粒子（用字母“A”表示），写出核反应方程。

（2）求射线 B 中粒子的最大速度 v_m 和比荷。（用题中字母表示）

（3）科学家由（2）问可知射线 B 中的粒子为氢核，并测出射线 A 中粒子与静止的氢核发生对心碰撞时，使氢核获得最大动能为 4.5Mev。另一实验还发现射线 A 中粒子与静止的氮核发生对心碰撞时，使氮核（质量为氢核的 14 倍）获得最大的动能为 1.2Mev。题中实物粒子的碰撞过程，可类比为刚性小球的弹性碰撞。

①若将射线 A 中粒子解释为实物粒子，估算这种实物粒子的质量约等于质子质量的多少倍；（$\sqrt{52.5}\approx 7.25$）

②若将射线 A 中粒子解释为 γ 光子，如图（c）所示，根据光的粒子性和氢核获得的动能估算出 γ 光子的能量为多少 Mev。氢核的 $mc^2\approx 900\mathrm{Mev}$

说明：可近似认为多次测量过程中，射线 A 与射线 B 中的粒子最大速率不变。

参考答案

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。

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

第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15. 【答案】0.370##0.371##0.369

【详解】固定刻度仅露出0mm刻度线，0.5mm刻度线未露出，因此固定刻度读数为0mm

可动刻度：图中固定刻度水平线对齐可动刻度的37.0格，因此可动读数为$37.0\times0.01\text{mm}=0.370\text{mm}$

结果为$0\text{mm}+0.370\text{mm}=0.370\text{mm}$

16. 【答案】1.5

【详解】由折射率公式，有$n=\dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

代入数据可得$n=1.5$。

17. 【答案】 ①. $\dfrac{h_3-h_1}{2T}$ ②. $\dfrac{h_3-2h_2+h_1}{T^2}$

【详解】[1]在匀变速直线运动中，某段时间内的平均速度等于该段时间中间时刻的瞬时速度。因为 A、B、C是连续的计数点，相邻两点间的时间间隔均为T，所以打下B点的时刻正是打下A点到打下C点这段时间的中间时刻。因此，B点的瞬时速度等于AC段的平均速度$v_B=\dfrac{x_{AC}}{t_{AC}}=\dfrac{h_3-h_1}{2T}$

[2]在匀变速直线运动中，连续相等时间T内的位移之差为一个恒定值，根据逐差法公式$\Delta x=gT^2$

代入位移可得$(h_3-h_2)-(h_2-h_1)=gT^2$

解得重力加速度$g=\dfrac{h_3-2h_2+h_1}{T^2}$

18. 【答案】（1）B （2） ①. $y_3+3y_1=3y_2$ ②. $2x_2=x_1+x_3$

（3）见解析

【小问 1 详解】

本实验中，A 球做自由落体运动，B 球做平抛运动，多次实验两球均同时落地，说明平抛运动竖直方向的

运动规律与自由落体运动一致，该实验仅验证了竖直分运动的规律，未验证水平分运动。

故选 B。

【小问 2 详解】

[1]已知平抛竖直方向为自由落体运动，若相邻两点时间间隔均为T，根据匀变速运动规律：连续相等时间内位移差恒定$\Delta y = gT^2$

OA 竖直位移为y_1，AB 竖直位移为$y_2 - y_1$，BC 竖直位移为$y_3 - y_2$，满足

$$(y_2 - y_1) - y_1 = (y_3 - y_2) - (y_2 - y_1)$$

化简得$y_3 + 3y_1 = 3y_2$，满足该关系说明相邻点时间间隔相等。

[2]若时间间隔相等，水平方向若满足相邻位移相等$x_2 - x_1 = x_3 - x_2$

即$2x_2 = x_1 + x_3$，说明相等时间内水平位移相等，证明水平分运动为匀速直线运动。

【小问 3 详解】

a．水流做平抛运动，水平方向$x = v_0 t$

竖直方向$y = \frac{1}{2} g t^2$

可得平抛水平射程$x = v_0 \sqrt{\frac{2y}{g}}$

随着水流出，瓶内水面高度逐渐降低，出水口处的水压逐渐减小，导致水流出的初速度逐渐减小，因此水平射程x逐渐减小。

b．持续向瓶内补充水，保持瓶内水面高度不变，即可维持出水初速度不变，使水平射程稳定。

19. 【答案】（1）电场方向水平向左，$E = \frac{3mg}{4q}$

（2）$\varphi_P = -\frac{9mgl}{20q}$

（3）$v = \frac{\sqrt{2gl}}{2}$

【分析】

【小问 1 详解】

小球带正电，静止时偏在竖直方向左侧，电场力与电场方向同向，因此电场方向水平向左。 对 P 点小球受力平衡：竖直方向$T\cos\theta = mg$

水平方向$T\sin\theta = qE$

联立解得$E = \dfrac{3mg}{4q}$

【小问 2 详解】

P、Q沿电场方向的距离$d = l\sin\theta$

沿电场方向电势降低，因此电势差满足$U_{QP} = \varphi_Q - \varphi_P = Ed$

已知$\varphi_Q = 0$，代入$E = \dfrac{3mg}{4q}$

得$\varphi_P = -Ed = -\dfrac{3mg}{4q}\cdot l\cdot 0.6 = -\dfrac{9mgl}{20q}$

【小问 3 详解】

从Q到P由动能定理$qE\cdot l\sin\theta - mg\left(l - l\cos\theta\right) = \dfrac{1}{2}mv^2$

代入数值化简$q\cdot\dfrac{3mg}{4q}\cdot l\cdot 0.6 - mg(l - 0.8l) = \dfrac{1}{2}mv^2$

解得$v = \dfrac{\sqrt{2gl}}{2}$

20. 【答案】（1）$v = 2\text{m/s}$，$m = 0.02\text{kg}$

（2）$F = 0.2\text{N}$

（3）$M = 1\text{kg}$

【小问 1 详解】

设每粒大米质量为m_0，由机械能守恒$m_0gh = \dfrac{1}{2}m_0v^2$

解得大米落入秤盘时的速度大小$v = 2\text{m/s}$

阀门关闭，米在空中近似做自由落体运动，则有$h = \dfrac{1}{2}gt^2$

解得$t = 0.2\text{s}$

空中大米的质量$m = Qt = 0.02\text{kg}$。

【小问 2 详解】

Δt时间内，从阀门处下落的大米质量$\Delta m = Q\Delta t$

令其落到秤上时受到的冲击力为F，根据动量定理有$-F\Delta t = 0 - \Delta mv$

解得 $F=0.2\mathrm{N}$

根据牛顿第三定律可知，大米与秤盘碰撞时对秤盘冲击力 $F'=F=0.2\mathrm{N}$

【小问 3 详解】

关闭阀门时，秤示数为 1kg，此时，结合上述可知，秤上大米质量为 $m'=1\mathrm{kg}-\dfrac{F}{g}=0.98\mathrm{kg}$

则当空中大米全部落入盘中后，大米的总质量 $M=m+m'=1\mathrm{kg}$ 。

21. 【答案】（1） $f=evB$

（2） $f=\dfrac{1}{3}nmv^2$

（3） $p=\dfrac{2\rho E_k}{3m}$

【小问 1 详解】

设导线长为 L，横截面积为 S，单位体积内自由电子数为 n，导线总自由电子数 $N=nSL$

电流微观表达式 $I=neSv$

宏观安培力 $F_{安}=BIL$

代入得 $F_{安}=B\cdot neSv\cdot L=nSL\cdot evB$

根据题意，安培力是所有电子洛伦兹力的总和，即 $F_{安}=Nf$ （ f 为单个电子洛伦兹力）

代入 N 后得 $f=evB$

【小问 2 详解】

粒子向 6 个空间方向运动概率均等，朝目标器壁运动的粒子占总数 $\dfrac{1}{6}$。 取 Δt 时间，碰撞面积为 S 的器壁， Δt 内可到达器壁的粒子位于体积 $V=v\Delta t\cdot S$

其中总碰撞粒子数 $N=\dfrac{1}{6}nV=\dfrac{1}{6}nSv\Delta t$

单个粒子碰撞器壁，动量变化大小为 $2mv$，总冲量 $I=N\cdot 2mv=\dfrac{1}{3}nSmv^2\Delta t$

器壁受力 $F=\dfrac{I}{\Delta t}=\dfrac{1}{3}nSmv^2$

单位面积压力 $f=\dfrac{F}{S}$

得 $f=\dfrac{1}{3}nmv^2$

【小问 3 详解】

理想气体压强满足第二问结论 $p=\frac{1}{3}nmv^2$

单个分子平均动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$

代入得 $p=\frac{2}{3}nE_k$

空气密度 ρ 为单位体积分子总质量，即 $\rho=nm$，得 $n=\frac{\rho}{m}$，代入得 $p=\frac{2\rho E_k}{3m}$

22. 【答案】（1）${}_2^4\mathrm{He}+{}_4^9\mathrm{Be}\rightarrow{}_6^{12}\mathrm{C}+{}_0^1\mathrm{A}$

（2）$\frac{U}{Bd}$，$\frac{U}{4B^2d^2}$

（3）①1.08；②47.25

【小问 1 详解】

根据电荷数守恒和质量数守恒可得，核反应方程为 ${}_2^4\mathrm{He}+{}_4^9\mathrm{Be}\rightarrow{}_6^{12}\mathrm{C}+{}_0^1\mathrm{A}$

【小问 2 详解】

只有电场时，粒子做类平抛运动，沿极板方向有 $2d=v_{\mathrm{m}}t$

垂直极板方向有 $\frac{d}{2}=\frac{1}{2}at^2$

由牛顿第二定律有 $q\frac{U}{d}=ma$

再加上磁场后做匀速直线运动有 $q\frac{U}{d}=Bqv_{\mathrm{m}}$

综合以上有 $v_{\mathrm{m}}=\frac{U}{Bd}$，$\frac{q}{m}=\frac{U}{4B^2d^2}$

【小问 3 详解】

①设粒子 A 的质量为 m_1，氢核的质量为 m_2，氮核的质量为 m_3，A 与氢核碰撞过程由动量守恒定律有

$m_1v_0=m_1v_1+m_2v_2$

由能量守恒定律得 $\frac{1}{2}m_1v_0^2=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2$

解得 $v_2=\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_0$

氢核的最大动能 $E_{\mathrm{k2}}=\frac{1}{2}m_2v_2^2=\frac{2m_2m_1^2v_0^2}{\left(m_1+m_2\right)^2}$

同理 A 与氮核碰撞过程由动量守恒定律有 $m_1v_0=m_1v_1'+m_3v_3$

由能量守恒定律有 $\frac{1}{2}m_1v_0^2=\frac{1}{2}m_1v_1'^2+\frac{1}{2}m_3v_3^2$

解得 $v_3=\frac{2m_1}{m_1+m_3}v_0$

氮核最大动能 $E_{k3}=\frac{1}{2}m_3v_3^2=\frac{2m_3m_1^2v_0^2}{\left(m_1+m_3\right)^2}$

最大动能之比 $\frac{E_{k2}}{E_{k3}}=\frac{m_2\left(m_1+m_3\right)^2}{m_3\left(m_1+m_2\right)^2}=\frac{4.5}{1.2}$

解得 $m_1=1.08m_2$

②对光子与氢核碰撞过程由能量守恒定律有 $h\nu=h\nu'+E_k$

由动量守恒定律有 $\frac{h}{\lambda}=-\frac{h}{\lambda'}+p$

其中 $\lambda=\frac{c}{\nu}$，$p=\sqrt{2mE_k}$

综合以上解得 $h\nu=47.25\text{MeV}$