

2019年普通高等学校招生全国统一考试

理科综合能力测试（北京卷）

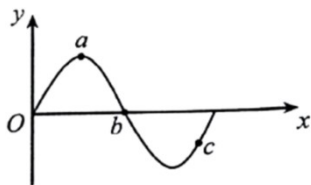
物理部分

本试卷共 16 页，共 300 分。考试时长 150 分钟。考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

第一部分（选择题 共 120 分）

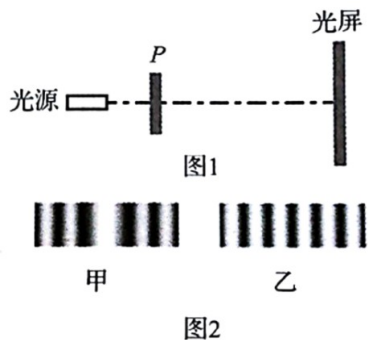
本部分共 20 小题，每小题 6 分，共 120 分。在每小题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 一列简谐横波某时刻的波形如图所示，比较介质中的三个质点 a 、 b 、 c ，则



- A. 此刻 a 加速度最小
- B. 此刻 b 的速度最小
- C. 若波沿 x 轴正方向传播，此刻 b 向 y 轴正方向运动
- D. 若波沿 x 轴负方向传播， a 比 c 先回到平衡位置

2. 利用图 1 所示的装置（示意图），观察光的干涉、衍射现象，在光屏上得到如图 2 中甲和乙两种图样。下列关于 P 处放置的光学元件说法正确的是



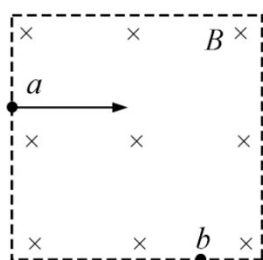
- A. 甲对应单缝，乙对应双缝

- B. 甲对应双缝，乙对应单缝
- C. 都是单缝，甲对应的缝宽较大
- D. 都是双缝，甲对应的双缝间距较大

3. 下列说法正确的是

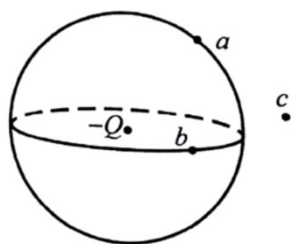
- A. 温度标志着物体内大量分子热运动的剧烈程度
- B. 内能是物体中所有分子热运动所具有的动能的总和
- C. 气体压强仅与气体分子的平均动能有关
- D. 气体膨胀对外做功且温度降低，分子的平均动能可能不变

4. 如图所示，正方形区域内存在垂直纸面的匀强磁场。一带电粒子垂直磁场边界从 a 点射入，从 b 点射出。下列说法正确的是



- A. 粒子带正电
- B. 粒子在 b 点速率大于在 a 点速率
- C. 若仅减小磁感应强度，则粒子可能从 b 点右侧射出
- D. 若仅减小入射速率，则粒子在磁场中运动时间变短

5. 如图所示， a 、 b 两点位于以负点电荷 $-Q$ ($Q > 0$) 为球心 球面上， c 点在球面外，则



- A. a 点场强的大小比 b 点大
- B. b 点场强的大小比 c 点小
- C. a 点电势比 b 点高
- D. b 点电势比 c 点低

6. 2019年5月17日，我国成功发射第45颗北斗导航卫星，该卫星属于地球静止轨道卫星（同步卫星）。该卫星

- A. 入轨后可以位于北京正上方
- B. 入轨后的速度大于第一宇宙速度
- C. 发射速度大于第二宇宙速度
- D. 若发射到近地圆轨道所需能量较少

7. 光电管是一种利用光照射产生电流的装置，当入射光照在管中金属板上时，可能形成光电流。表中给出了6次实验的结果。

组	次	入射光子的能量/eV	相对光强	光电流大小/mA	逸出光电子的最大动能/eV
第一组	1	4.0	弱	29	0.9
	2	4.0	中	43	0.9
	3	4.0	强	60	0.9
第二组	4	6.0	弱	27	2.9
	5	6.0	中	40	2.9
	6	6.0	强	55	2.9

由表中数据得出的论断中不正确的是

- A. 两组实验采用了不同频率的入射光
- B. 两组实验所用的金属板材质不同
- C. 若入射光子的能量为 5.0 eV ，逸出光电子的最大动能为 1.9 eV
- D. 若入射光子的能量为 5.0 eV ，相对光强越强，光电流越大

8. 国际单位制（缩写SI）定义了米（m）、秒（s）等7个基本单位，其他单位均可由物

理关系导出。例如，由 m 和 s 可以导出速度单位 $m \cdot s^{-1}$ 。历史上，曾用“米原器”定义米，用平均太阳日定义秒。但是，以实物或其运动来定义基本单位会受到环境和测量方式等因素的影响，而采用物理常量来定义则可避免这种困扰。1967 年用铯-133 原子基态的两个超精细能级间跃迁辐射的频率 $\Delta\nu=9\,192\,631\,770\text{ Hz}$ 定义 s ；1983 年用真空中的光速 $c=299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 定义 m 。2018 年第 26 届国际计量大会决定，7 个基本单位全部用基本物理常量来定义（对应关系如图，例如， s 对应 $\Delta\nu$ ， m 对应 c ）。新 SI 自 2019 年 5 月 20 日（国际计量日）正式实施，这将对科学和技术发展产生深远影响。下列选项不正确的是



- A. 7 个基本单位全部用物理常量定义，保证了基本单位的稳定性
- B. 用真空中的光速 c ($m \cdot s^{-1}$) 定义 m ，因为长度 l 与速度 v 存在 $l=vt$ ，而 s 已定义
- C. 用基本电荷 e (C) 定义安培 (A)，因为电荷量与电流 I 存在 $I=q/t$ ，而 s 已定义
- D. 因为普朗克常量 h ($J \cdot s$) 的单位中没有 kg ，所以无法用它来定义质量单位

第二部分 (非选择题 共 180 分)

本部分共 11 小题，共 180 分。

9. 用如图 1 所示装置研究平地运动。将白纸和复写纸对齐重叠并固定在竖直的硬板上。钢球沿斜槽轨道 PQ 滑下后从 Q 点飞出，落在水平挡板 MN 上。由于挡板靠近硬板一侧较低，钢球落在挡板上时，钢球侧面会在白纸上挤压出一个痕迹点。移动挡板，重新释放钢球，如此重复，白纸上将留下一系列痕迹点。

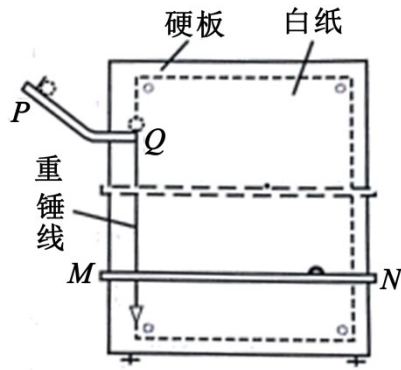


图1

(1) 下列实验条件必须满足的有_____。

- A. 斜槽轨道光滑
- B. 斜槽轨道末段水平
- C. 挡板高度等间距变化
- D. 每次从斜槽上相同的位置无初速度释放钢球

(2) 为定量研究，建立以水平方向为 x 轴、竖直方向为 y 轴的坐标系。

a. 取平抛运动的起始点为坐标原点，将钢球静置于 Q 点，钢球的_____（选填“最上端”、“最下端”或者“球心”）对应白纸上的位置即为原点；在确定 y 轴时_____（选填“需要”或者“不需要”） y 轴与重锤线平行。

b. 若遗漏记录平抛轨迹的起始点，也可按下述方法处理数据：如图2所示，在轨迹上取 A 、 B 、 C 三点， AB 和 BC 的水平间距相等且均为 x ，测得 AB 和 BC 的竖直间距分别是 y_1 和

y_2 ，则 $\frac{y_1}{y_2}$ _____ $\frac{1}{3}$ （选填“大于”、“等于”或者“小于”）。可求得钢球平抛的初速度大小为 _____

_____（已知当地重力加速度为 g ，结果用上述字母表示）。

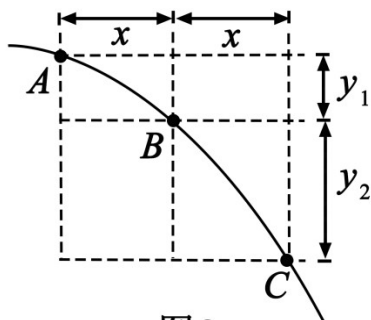


图2

(3) 为了得到平抛物体的运动轨迹，同学们还提出了以下三种方案，其中可行的是_____。

- A. 从细管水平喷出稳定的细水柱，拍摄照片，即可得到平抛运动轨迹
- B. 用频闪照相在同一底片上记录平抛小球在不同时刻的位置，平滑连接各位置，即可得到平抛运动轨迹
- C. 将铅笔垂直于竖直的白纸板放置，笔尖紧靠白纸板，铅笔以一定初速度水平抛出，将会在白纸上留下笔尖的平抛运动轨迹

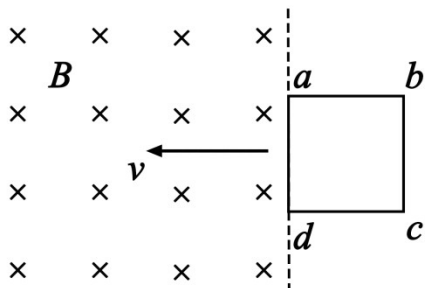
(4) 伽利略曾研究过平抛运动，他推断：从同一炮台水平发射的炮弹，如果不受空气阻力，不论它们能射多远，在空中飞行的时间都一样。这实际上揭示了平抛物体_____。

- A. 在水平方向上做匀速直线运动
- B. 在竖直方向上做自由落体运动
- C. 在下落过程中机械能守恒

(5) 牛顿设想，把物体从高山上水平抛出，速度一次比一次大，落地点就一次比一次远，如果速度足够大，物体就不再落回地面，它将绕地球运动，成为人造地球卫星。

同样是受地球引力，随着抛出速度增大，物体会从做平抛运动逐渐变为做圆周运动，请分析原因。

10. 如图所示，垂直于纸面的匀强磁场磁感应强度为 B 。纸面内有一正方形均匀金属线框 $abcd$ ，其边长为 L ，总电阻为 R ， ad 边与磁场边界平行。从 ad 边刚进入磁场直至 bc 边刚要进入的过程中，线框在向左的拉力作用下以速度 v 匀速运动，求：



- (1) 感应电动势的大小 E ；
- (2) 拉力做功的功率 P ；

(3) ab 边产生的焦耳热 Q 。

11. 电容器作为储能器件，在生产生活中有广泛的应用。对给定电容值为 C 的电容器充电，无论采用何种充电方式，其两极间的电势差 u 随电荷量 q 的变化图像都相同。

(1) 请在图 1 中画出上述 $u-q$ 图像。类比直线运动中由 $v-t$ 图像求位移 方法，求两极间电压为 U 时电容器所储存的电能 E_p 。

()



图 1

(2) 在如图 2 所示的充电电路中， R 表示电阻， E 表示电源（忽略内阻）。通过改变电路中元件的参数对同一电容器进行两次充电，对应的 $q-t$ 曲线如图 3 中①②所示。

a. ①②两条曲线不同是_____（选填 E 或 R ）的改变造成的；

b. 电容器有时需要快速充电，有时需要均匀充电。依据 a 中的结论，说明实现这两种充电方式的途径。

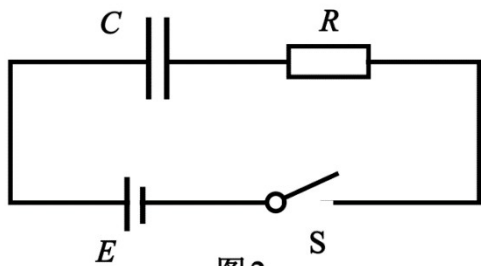


图 2

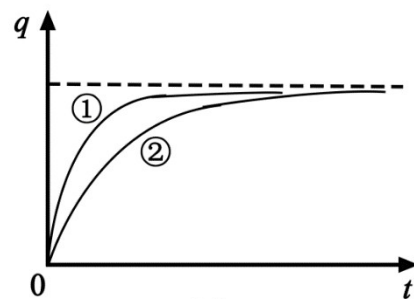


图 3

(3) 设想使用理想的“恒流源”替换（2）中电源对电容器充电，可实现电容器电荷量随时间均匀增加。请思考使用“恒流源”和（2）中电源对电容器的充电过程，填写下表（选填

“增大”、“减小”或“不变”。

	“恒流源”	(2) 中电源
电源两端电压	——	——
通过电源的电流	——	——

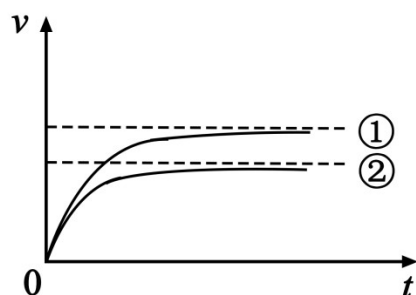
12.

雨滴落到地面的速度通常仅为几米每秒，这与雨滴下落过程中受到空气阻力有关。雨滴间无相互作用且雨滴质量不变，重力加速度为 g 。

(1) 质量为 m 的雨滴由静止开始，下落高度 h 时速度为 u ，求这一过程中克服空气阻力所做的功 W 。

——

(2) 将雨滴看作半径为 r 的球体，设其竖直落向地面的过程中所受空气阻力 $f=kr^2v^2$ ，其中 v 是雨滴的速度， k 是比例系数。



a. 设雨滴的密度为 ρ ，推导雨滴下落趋近的最大速度 v_m 与半径 r 的关系式；

——

b. 示意图中画出了半径为 r_1 、 r_2 ($r_1 > r_2$) 的雨滴在空气中无初速下落的 $v-t$ 图线，其中____对应半径为 r_1 的雨滴 (选填①、②)；若不计空气阻力，请在图中画出雨滴无初速下落的 $v-t$ 图线。

()

(3) 由于大量气体分子在各方向运动的几率相等，其对静止雨滴的作用力为零。将雨滴筒

化为垂直于运动方向面积为 S 的圆盘，证明：圆盘以速度 v 下落时受到的空气阻力 $f \propto v^2$
(提示：设单位体积内空气分子数为 n ，空气分子质量为 m_0)。

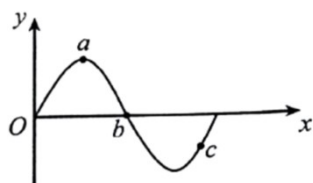
物理部分解析

本试卷共 16 页，共 300 分。考试时长 150 分钟。考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

第一部分 (选择题 共 120 分)

本部分共 20 小题，每小题 6 分，共 120 分。在每小题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 一列简谐横波某时刻的波形如图所示，比较介质中的三个质点 a 、 b 、 c ，则



- A. 此刻 a 加速度最小
- B. 此刻 b 的速度最小
- C. 若波沿 x 轴正方向传播，此刻 b 向 y 轴正方向运动
- D. 若波沿 x 轴负方向传播， a 比 c 先回到平衡位置

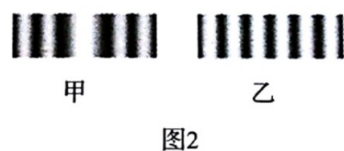
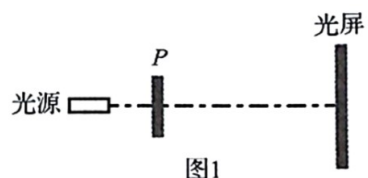
【答案】 C

【解析】

【详解】由机械振动特点确定质点的加速度和速度大小，由“上下坡法”确定振动方向。由波动图象可知，此时质点 a 位于波峰处，根据质点振动特点可知，质点 a 的加速度最大，故 A 错误，此时质点 b 位于平衡位置，所以速度为最大，故 B 错误，若波沿 x 轴正方向传

播，由“上下坡法”可知，质点 b 向 y 轴正方向运动，故 C 正确，若波沿 x 轴负方向传播，由“上下坡法”可知， a 质点沿 y 轴负方向运动， c 质点沿 y 轴正方向运动，所以质点 c 比质点 a 先回到平衡位置，故 D 错误。

2.利用图 1 所示的装置（示意图），观察光的干涉、衍射现象，在光屏上得到如图 2 中甲和乙两种图样。下列关于 P 处放置的光学元件说法正确的是



- A. 甲对应单缝，乙对应双缝
- B. 甲对应双缝，乙对应单缝
- C. 都是单缝，甲对应的缝宽较大
- D. 都是双缝，甲对应的双缝间距较大

【答案】 A

【解析】

【详解】 根据单缝衍射图样和双缝干涉图样特点判断。

单缝衍射图样为中央亮条纹最宽最亮，往两边变窄，双缝干涉图样是明暗相间的条纹，条纹间距相等，条纹宽度相等，结合图甲，乙可知，甲对应单缝，乙对应双缝，故 A 正确。

3.下列说法正确的是

- A. 温度标志着物体内大量分子热运动的剧烈程度
- B. 内能是物体中所有分子热运动所具有的动能的总和
- C. 气体压强仅与气体分子的平均动能有关
- D. 气体膨胀对外做功且温度降低，分子的平均动能可能不变

【答案】 A

【解析】

【详解】 根据温度是分子平均动能的标志确定气体分子热运动的程度和分子平均动能变化

内能是分子平均动能和分子势总和，由气体压强宏观表现确定压强

A. 温度是分子平均动能的标志，所以温度标志着物体内大量分子热运动的剧烈程度，故

A 正确；

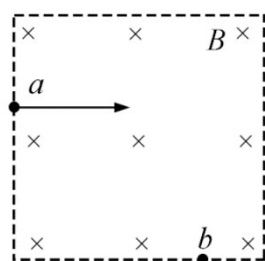
B. 内能是物体中所有分子热运动所具有的动能和分子势能之和，故 B 错误；

C. 由压强公式 $P = \frac{F}{S}$ 可知，气体压强除与分子平均动能有关即温度，还与体积有关，故

C 错误；

D. 温度是分子平均动能的标志，所以温度降低，分子平均动能一定变小，故 D 错误。

4. 如图所示，正方形区域内存在垂直纸面的匀强磁场。一带电粒子垂直磁场边界从 a 点射入，从 b 点射出。下列说法正确的是



A. 粒子带正电

B. 粒子在 b 点速率大于在 a 点速率

C. 若仅减小磁感应强度，则粒子可能从 b 点右侧射出

D. 若仅减小入射速率，则粒子在磁场中运动时间变短

【答案】 C

【解析】

【详解】 由左手定则确定粒子的电性，由洛伦兹力的特点确定粒子在 b 、 a 两点的速率，根据

$$qvB = m \frac{v^2}{r} \text{ 确定粒子运动半径和运动时间。}$$

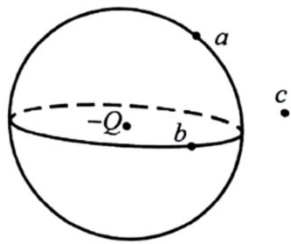
由题可知，粒子向下偏转，根据左手定则，所以粒子应带负电，故 A 错误；由于洛伦兹力

不做功，所以粒子动能不变，即粒子在 b 点速率与 a 点速率相等，故 B 错误；若仅减小磁

感应强度，由公式 $qvB = m\frac{v^2}{r}$ 得： $r = \frac{mv}{qB}$ ，所以磁感应强度减小，半径增大，所以粒子

有可能从 b 点右侧射出，故 C 正确，若仅减小入射速率，粒子运动半径减小，在磁场中运动的偏转角增大，则粒子在磁场中运动时间一定变长，故 D 错误。

5. 如图所示， a 、 b 两点位于以负点电荷 $-Q$ ($Q > 0$) 为球心 球面上， c 点在球面外，则



- A. a 点场强的大小比 b 点大
- B. b 点场强的大小比 c 点小
- C. a 点电势比 b 点高
- D. b 点电势比 c 点低

【答案】D

【解析】

【详解】由点电荷场强公式 $E = k\frac{Q}{r^2}$ 确定各点的场强大小，由点电荷的等势线是以点电荷

为球心的球面和沿电场线方向电势逐渐降低确定各点的电势的高低。

由点电荷的场强公式 $E = k\frac{Q}{r^2}$ 可知， a 、 b 两点到场源电荷的距离相等，所以 a 、 b 两点的

电场强度大小相等，故 A 错误；由于 c 点到场源电荷的距离比 b 点的大，所以 b 点的场强大小比 c 点的大，故 B 错误；由于点电荷的等势线是以点电荷为球心的球面，所以 a 点与 b 点电势相等，负电荷的电场线是从无穷远处指向负点电荷，根据沿电场线方向电势逐渐降低，所以 b 点电势比 c 点低，故 D 正确。

6. 2019 年 5 月 17 日，我国成功发射第 45 颗北斗导航卫星，该卫星属于地球静止轨道卫星

(同步卫星)。该卫星

- A. 入轨后可以位于北京正上方
- B. 入轨后的速度大于第一宇宙速度
- C. 发射速度大于第二宇宙速度
- D. 若发射到近地圆轨道所需能量较少

【答案】D

【解析】

【详解】由同步卫星的特点和卫星发射到越高的轨道所需的能量越大解答。

由于卫星为同步卫星，所以入轨后一定只能与赤道在同一平面内，故 A 错误；

由于第一宇宙速度为卫星绕地球运行的最大速度，所以卫星入轨后的速度一定小于第一宇宙速度，故 B 错误；

由于第二宇宙速度为卫星脱离地球引力的最小发射速度，所以卫星的发射速度一定小于第二宇宙速度，故 C 错误；

将卫星发射到越高的轨道克服引力所作的功越大，所以发射到近地圆轨道所需能量较小，故 D 正确。

7. 光电管是一种利用光照射产生电流的装置，当入射光照在管中金属板上时，可能形成光电流。表中给出了 6 次实验的结果。

组	次	入射光子的能量/eV	相对光强	光电流大小/mA	逸出光电子的最大动能/eV
第一组	1	4.0	弱	29	0.9
	2	4.0	中	43	0.9
	3	4.0	强	60	0.9
第二组	4	6.0	弱	27	2.9
	5	6.0	中	40	2.9
	6	6.0	强	55	2.9

由表中数据得出的论断中不正确的是

- A. 两组实验采用了不同频率的入射光

- B. 两组实验所用的金属板材质不同
 C. 若入射光子的能量为 5.0 eV，逸出光电子的最大动能为 1.9 eV
 D. 若入射光子的能量为 5.0 eV，相对光强越强，光电流越大

【答案】 B

【解析】

【详解】 由爱因斯坦质能方程 $E_k = h\nu - W_0$ 比较两次实验时的逸出功和光电流与光强的关系解题

由题表格中数据可知，两组实验所用入射光的能量不同，由公式 $E = h\nu$ 可知，两组实验中所用的入射光的频率不同，故 A 正确；

由爱因斯坦质能方程 $E_k = h\nu - W_0$ 可得：第一组实验： $0.9 = 4.0 - W_{01}$ ，第二组实验：

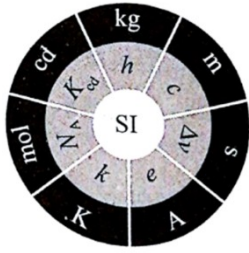
$2.9 = 6.0 - W_{02}$ ，解得： $W_{01} = W_{02} = 3.1\text{eV}$ ，即两种材料的逸出功相同也即材料相同，故

B 错误；

由爱因斯坦质能方程 $E_k = h\nu - W_0$ 可得： $E_k = (5.0 - 3.1)\text{eV} = 1.9\text{eV}$ ，故 C 正确；

由题表格中数据可知，入射光能量相同时，相对光越强，光电流越大，故 D 正确。

8. 国际单位制 (缩写 SI) 定义了米 (m)、秒 (s) 等 7 个基本单位，其他单位均可由物理关系导出。例如，由 m 和 s 可以导出速度单位 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。历史上，曾用“米原器”定义米，用平均太阳日定义秒。但是，以实物或其运动来定义基本单位会受到环境和测量方式等因素的影响，而采用物理常量来定义则可避免这种困扰。1967 年用铯-133 原子基态的两个超精细能级间跃迁辐射的频率 $\Delta\nu = 9\,192\,631\,770\text{ Hz}$ 定义 s；1983 年用真空中的光速 $c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 定义 m。2018 年第 26 届国际计量大会决定，7 个基本单位全部用基本物理常量来定义 (对应关系如图，例如，s 对应 $\Delta\nu$ ，m 对应 c)。新 SI 自 2019 年 5 月 20 日 (国际计量日) 正式实施，这将对科学和技术发展产生深远影响。下列选项不正确的是



- A. 7个基本单位全部用物理常量定义，保证了基本单位的稳定性
- B. 用真空中的光速 c ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) 定义 m ，因为长度 l 与速度 v 存在 $l=vt$ ，而 s 已定义
- C. 用基本电荷 e (C) 定义安培 (A)，因为电荷量与电流 I 存在 $I=q/t$ ，而 s 已定义
- D. 因为普朗克常量 h ($\text{J}\cdot\text{s}$) 的单位中没有 kg ，所以无法用它来定义质量单位

【答案】D

【解析】

【详解】本题属于信息题，由题所给信息结合 $l=vt$ 和 $I=\frac{q}{t}$ 的物理意义解答。

由题意可知，如果以实物或其运动来定义基本单位会受到环境和测量方式等因素的影响，所以7个基本单位全部用物理常量定义，保证了基本单位的稳定性，故A正确；用真空中的光速定义 m ，即光在真空中传播 299792458 分之一秒的距离，且 s 早已定义，故B正确；

由公式 $I=\frac{q}{t}$ 可知，安培即为 1s 时间内通过的电荷量，故C正确；

由题意可知， h 对应为 kg ，故D错误。

第二部分（非选择题 共 180 分）

本部分共 11 小题，共 180 分。

9. 用如图 1 所示装置研究平地运动。将白纸和复写纸对齐重叠并固定在竖直的硬板上。钢球沿斜槽轨道 PQ 滑下后从 Q 点飞出，落在水平挡板 MN 上。由于挡板靠近硬板一侧较低，钢球落在挡板上时，钢球侧面会在白纸上挤压出一个痕迹点。移动挡板，重新释放钢球，如此重复，白纸上将留下一系列痕迹点。

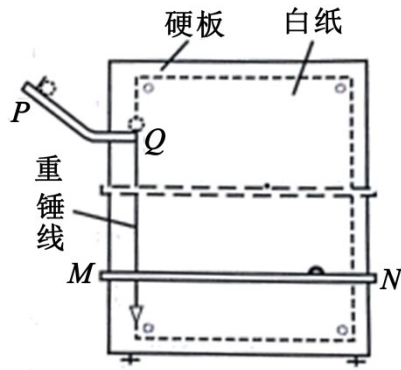


图1

(1) 下列实验条件必须满足的有_____。

- A. 斜槽轨道光滑
- B. 斜槽轨道末段水平
- C. 挡板高度等间距变化
- D. 每次从斜槽上相同的位置无初速度释放钢球

(2) 为定量研究，建立以水平方向为 x 轴、竖直方向为 y 轴的坐标系。

a. 取平抛运动的起始点为坐标原点，将钢球静置于 Q 点，钢球的_____（选填“最上端”、“最下端”或者“球心”）对应白纸上的位置即为原点；在确定 y 轴时_____（选填“需要”或者“不需要”） y 轴与重锤线平行。

b. 若遗漏记录平抛轨迹的起始点，也可按下述方法处理数据：如图2所示，在轨迹上取 A 、 B 、 C 三点， AB 和 BC 的水平间距相等且均为 x ，测得 AB 和 BC 的竖直间距分别是 y_1 和

y_2 ，则 $\frac{y_1}{y_2}$ _____ $\frac{1}{3}$ （选填“大于”、“等于”或者“小于”）。可求得钢球平抛的初速度大小为 _____

_____（已知当地重力加速度为 g ，结果用上述字母表示）。

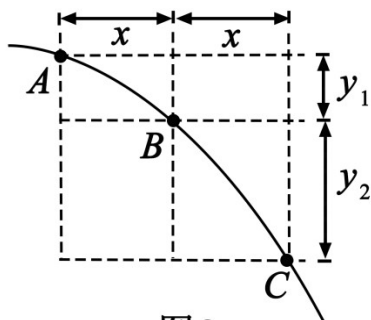


图2

(3) 为了得到平抛物体的运动轨迹，同学们还提出了以下三种方案，其中可行的是_____。

A. 从细管水平喷出稳定的细水柱，拍摄照片，即可得到平抛运动轨迹

B. 用频闪照相在同一底片上记录平抛小球在不同时刻的位置，平滑连接各位置，即可得到平抛运动轨迹

C. 将铅笔垂直于竖直的白纸板放置，笔尖紧靠白纸板，铅笔以一定初速度水平抛出，将会在白纸上留下笔尖的平抛运动轨迹

(4) 伽利略曾研究过平抛运动，他推断：从同一炮台水平发射的炮弹，如果不受空气阻力，不论它们能射多远，在空中飞行的时间都一样。这实际上揭示了平抛物体_____。

A. 在水平方向上做匀速直线运动

B. 在竖直方向上做自由落体运动

C. 在下落过程中机械能守恒

(5) 牛顿设想，把物体从高山上水平抛出，速度一次比一次大，落地点就一次比一次远，如果速度足够大，物体就不再落回地面，它将绕地球运动，成为人造地球卫星。

同样是受地球引力，随着抛出速度增大，物体会从做平抛运动逐渐变为做圆周运动，请分析原因。

【答案】 (1). BD (2). 球心 (3). 需要 (4). 大于 (5). $v_0 = x\sqrt{\frac{g}{y_2 - y_1}}$ (6). B

(7). B (8). 利用平抛运动的轨迹的抛物线和圆周运动知识证明即可

【解析】

【详解】根据平抛运动的规律：水平方向匀速直线运动，竖直方向自由落体运动解答。

(1)本实验中要保证小球飞出斜槽末端时的速度为水平，即小球做平抛运动，且每次飞出时的速度应相同，所以只要每次将小球从斜槽上同一位置由静止释放即可，故 BD 正确；

(2)a.平抛运动的起始点应为钢球静置于 Q 点时，钢球的球心对应纸上的位置，由于平抛运动在竖直方向做自由落体运动，所以在确定 y 轴时需要 y 轴与重锤线平行；

b.由初速度为零的匀加速直线运动规律即在相等时间间隔内所通过的位移之比为

1:3:5:7:.... 可知，由于 A 点不是抛出点，所以 $\frac{y_1}{y_2} > \frac{1}{3}$ ；设 AB, BC 间所用的时间为 T，

竖直方向有： $y_2 - y_1 = gT^2$ ，水平方向有： $x = v_0T$ ，联立解得： $v_0 = x\sqrt{\frac{g}{y_2 - y_1}}$ ；

(3)A 项：从细管水平喷出稳定的细水柱，由于细水柱射出后受到空气阻力的作用，所以此方案不可行；

B 项：用频闪照相在同一底片上记录小球不同时刻位置即平抛运动的轨迹上的点，平滑连接在一起即为平抛运动轨迹，所以此方案可行；

C 项：将铅笔垂直于竖直的白板放斜，以一定初速度水平抛出，笔尖与白纸间有摩擦阻力的作用，所以铅笔作的不是平抛运动，故此方案不可行；

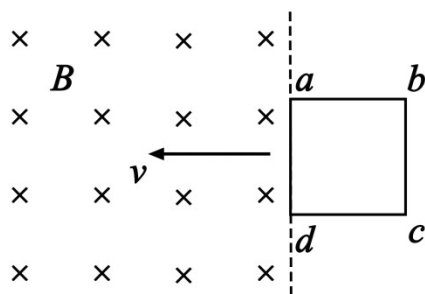
(4)由平抛运动竖直方向运动可知， $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ，所以只要高度相同，时间

相同，故 B 正确；

(5)由平抛运动可知，竖直方向： $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，水平方向： $x = v_0t$ ，联立解得： $y = \frac{g}{2v_0^2}x^2$ ，

即抛出物体的轨迹为抛物线，当抛出的速度越大，在抛物线上某点的速度足以提供该点做圆周运动的向心力时，物体的轨迹从抛物线变为圆。

10.如图所示，垂直于纸面的匀强磁场磁感应强度为 B 。纸面内有一正方形均匀金属线框 $abcd$ ，其边长为 L ，总电阻为 R ， ad 边与磁场边界平行。从 ad 边刚进入磁场直至 bc 边刚要进入的过程中，线框在向左的拉力作用下以速度 v 匀速运动，求：



- (1) 感应电动势的大小 E ；
- (2) 拉力做功的功率 P ；
- (3) ab 边产生的焦耳热 Q 。

【答案】(1) $E = BLv$; (2) $P = \frac{B^2 L^2 v^2}{R}$; (3) $Q = \frac{B^2 L^3 v}{4}$

【解析】

【详解】由导体棒切割磁感线产生电动势综合闭合电路欧姆定律和 $Q = I^2 R t$ 解题。

(1)从 ad 边刚进入磁场到 bc 边刚要进入的过程中，只有 ad 边切割磁感线，所以产生的感应

电动势为： $E = BLv$ ；

(2)线框进入过程中线框中的电流为： $I = \frac{E}{R}$

ad 边安培力为： $F_A = BIL$

由于线框匀速运动，所以有拉力与安培力大小相等，方向相反，即 $F = F_A$

所以拉力的功率为： $P = Fv = F_A v$

联立以上各式解得： $P = \frac{B^2 L^2 v^2}{R}$ ；

(3) 线框进入过程中线框中的电流为： $I = \frac{E}{R}$

进入所用的时间为： $t = \frac{L}{v}$

ad 边的电阻为： $R_{ad} = \frac{R}{4}$

焦耳热为： $Q = I^2 R_{ad} t$

联立解得： $Q = \frac{B^2 L^3 v}{4}$ 。

11. 电容器作为储能器件，在生产生活中有广泛的应用。对给定电容值为 C 的电容器充电，无论采用何种充电方式，其两极间的电势差 u 随电荷量 q 的变化图像都相同。

(1) 请在图 1 中画出上述 $u-q$ 图像。类比直线运动中由 $v-t$ 图像求位移 方法，求两极间电压为 U 时电容器所储存的电能 E_p 。

()



图 1

(2) 在如图 2 所示的充电电路中， R 表示电阻， E 表示电源（忽略内阻）。通过改变电路中元件的参数对同一电容器进行两次充电，对应的 $q-t$ 曲线如图 3 中①②所示。

- a. ①②两条曲线不同是_____（选填 E 或 R ）的改变造成的；
 b. 电容器有时需要快速充电，有时需要均匀充电。依据 a 中的结论，说明实现这两种充电方式的途径。

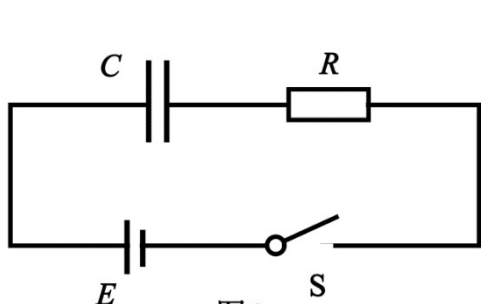


图 2

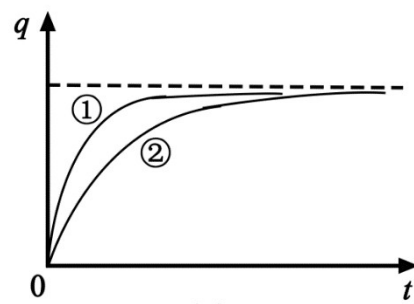
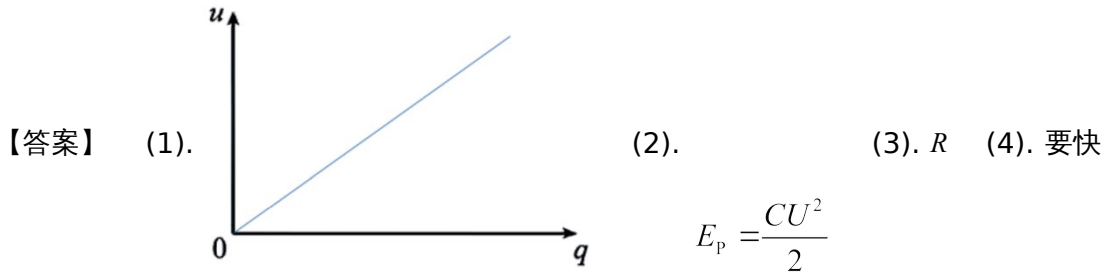


图 3

(3) 设想使用理想的“恒流源”替换 (2) 中电源对电容器充电，可实现电容器电荷量随时间均匀增加。请思考使用“恒流源”和 (2) 中电源对电容器的充电过程，填写下表（选填“增大”、“减小”或“不变”）。

	“恒流源”	(2) 中电源
--	-------	---------

电源两端电压	——	——
通过电源的电流	——	——



速度充电时，只要减小图 2 中的电阻 R ；要均匀充电时，只要适当增大图 2 中的电阻 R 即可 (5). 增大 (6). 不变 (7). 不变 (8). 减小

【解析】

【详解】由电容器电容定义式 $C = \frac{q}{u}$ 得到 $u - q$ 图象，类比 $v - t$ 图象求位移求解电量，由

图 3 斜率解决两种充电方式不同的原因和方法；根据电容器充电过程中电容器两极板相当于电源解答

(1)由电容器电容定义式可得： $C = \frac{q}{u}$ ，整理得： $u = \frac{1}{C}q$ ，所以 $u - q$ 图象应为过原点的

倾斜直线，如图：

由题可知，两极间电压为 U 时电容器所储存的电能即为图线与横轴所围面积，即

$$E_p = \frac{UQ}{2}，当两极间电压为 U 时，电荷量为 $Q = CU$ ，所以 $E_p = \frac{CU^2}{2}$ ；$$

(2)a.由于电源内阻不计，当电容器充满电后电容器两端电压即电源的电动势，电容器最终

的电量为： $Q = CE$ ，由 $q - t$ 图可知，两种充电方式最终的电量相同，只是时间不同，所

以①②曲线不同是 R 造成的；

b.由图 3 可知，要快速度充电时，只要减小图 2 中的电阻 R ，要均匀充电时，只要适当增大

图2中的电阻 R 即可；

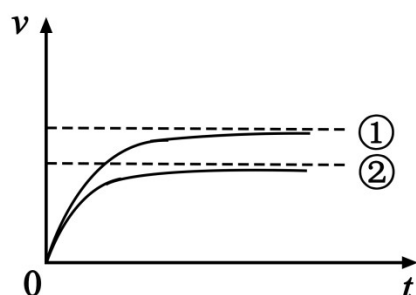
(3)在电容器充电过程中在电容器的左极板带正电，右极板带负电，相当于另一电源，且充电过程中电量越来越大，回路中的总电动势减小，当电容器两端电压与电源电动势相等时，充电结束，所以换成“恒流源”时，为了保证电流不变，所以“恒流源两端电压要增大，通过电源的电流不变，在(2)电源的电压不变，通过电源的电流减小。

12.

雨滴落到地面的速度通常仅为几米每秒，这与雨滴下落过程中受到空气阻力有关。雨滴间无相互作用且雨滴质量不变，重力加速度为 g 。

(1) 质量为 m 的雨滴由静止开始，下落高度 h 时速度为 u ，求这一过程中克服空气阻力所做的功 W 。

(2) 将雨滴看作半径为 r 的球体，设其竖直落向地面的过程中所受空气阻力 $f=kr^2v^2$ ，其中 v 是雨滴的速度， k 是比例系数。



a. 设雨滴的密度为 ρ ，推导雨滴下落趋近的最大速度 v_m 与半径 r 的关系式；

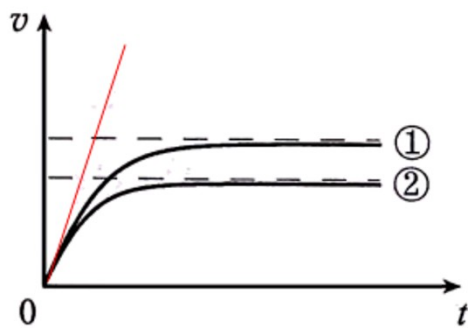
b. 示意图中画出了半径为 r_1 、 r_2 ($r_1 > r_2$) 的雨滴在空气中无初速下落的 $v-t$ 图线，其中_____对应半径为 r_1 的雨滴 (选填①、②)；若不计空气阻力，请在图中画出雨滴无初速下落的 $v-t$ 图线。

()

(3) 由于大量气体分子在各方向运动的几率相等，其对静止雨滴的作用力为零。将雨滴简化为垂直于运动方向面积为 S 的圆盘，证明：圆盘以速度 v 下落时受到的空气阻力 $f \propto v^2$

(提示：设单位体积内空气分子数为 n ，空气分子质量为 m_0)。

【答案】 (1). $W_f = mgh - \frac{1}{2}mu^2$ (2). $v_m = \sqrt{\frac{\pi r \rho g}{3k}}$ (3). ① (4).



(5). 详见解析

【解析】

【分析】

(1)对雨滴由动能定理得：雨滴下落 h 的过程中克服阻做的功；

(2) 雨滴的加速度为 0 时速度最大解答；

(3)由动量定理证明

【详解】(1)对雨滴由动能定理得：

$$mgh - W_f = \frac{1}{2}mu^2$$

解得： $W_f = mgh - \frac{1}{2}mu^2$ ；

(2)a.半径为 r 的雨滴体积为： $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ ，其质量为 $m = \rho V$

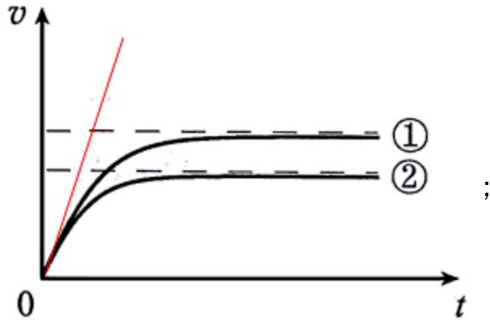
当雨滴的重力与阻力相等时速度最大，设最大速度为 v_m ，则有： $mg = f$

其中 $f = kr^2v_m^2$

联立以上各式解得： $v_m = \sqrt{\frac{\pi r \rho g}{3k}}$

由 $v_m = \sqrt{\frac{\pi r \rho g}{3k}}$ 可知，雨滴半径越大，最大速度越大，所以①对应半径为 r_1 的雨滴，

不计空气阻力，雨滴做自由落体运动，图线如图：



(3) 设在极短时间 Δt 内，空气分子与雨滴碰撞，设空气分子的速率为 u ，

在 Δt 内，空气分子个数为： $N = nSv\Delta t$ ，其质量为 $m = Nm_0$

设向下为正方向，对圆盘下方空气分子由动量定理有：

$$F_1 \Delta t = m(v + u)$$

对圆盘上方空气分子由动量定理有：

$$-F_2 \Delta t = 0 - m(u - v)$$

圆盘受到的空气阻力为：

$$f = F_1 - F_2$$

联立解得： $f = 2Sv^2 nm_0 \propto v^2$ 。