

理科综合能力测试（北京卷）

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。

可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 N 14 O 16

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。

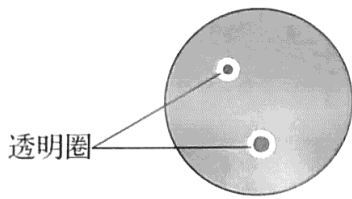
1. 玉米根尖纵切片经碱性染料染色，用普通光学显微镜观察到的分生区图像如下。



对此图像的观察与分析，错误的是

- A. 先用低倍镜再换高倍镜观察符合操作规范
 - B. 可观察到箭头所指细胞的细胞核和细胞壁
 - C. 在图像中可观察到处于分裂期前期的细胞
 - D. 细胞不同结构成分与该染料结合能力不同
2. 为探究运动对海马脑区发育和学习记忆能力的影响，研究者将实验动物分为运动组和对照组，运动组每天进行适量的有氧运动（跑步/游泳）。数周后，研究人员发现运动组海马脑区发育水平比对照组提高了 1.5 倍，靠学习记忆找到特定目标的时间缩短了约 40%。根据该研究结果可得出
- A. 有氧运动不利于海马脑区的发育
 - B. 规律且适量的运动促进学习记忆
 - C. 有氧运动会减少神经元间的联系
 - D. 不运动利于海马脑区神经元兴奋

3. 筛选淀粉分解菌需使用以淀粉为唯一碳源的培养基。接种培养后，若细菌能分解淀粉，培养平板经稀碘液处理，会出现以菌落为中心的透明圈（如图），实验结果见下表。



| 菌种 | 菌落直径: C (mm) | 透明圈直径: H(mm) | H/C |
|-------|--------------|--------------|-----|
| 细菌 I | 5.1 | 11.2 | 2.2 |
| 细菌 II | 8.1 | 13.0 | 1.6 |

有关本实验的叙述，错误的是

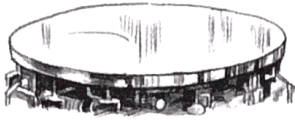

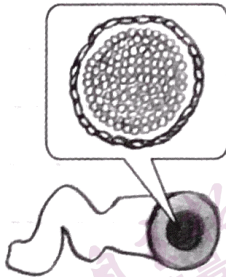
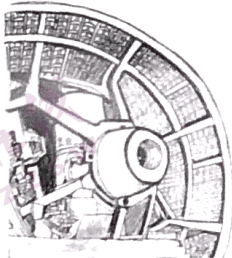
- A. 培养基除淀粉外还含有氮源等其他营养物质
 B. 筛选分解淀粉的细菌时，菌液应稀释后涂布
 C. 以上两种细菌均不能将淀粉酶分泌至细胞外
 D. H/C 值反映了两种细菌分解淀粉能力的差异
4. 甲、乙是严重危害某二倍体观赏植物的病害。研究者先分别获得抗甲、乙的转基因植株，再将二者杂交后得到 F₁，结合单倍体育种技术，培育出同时抗甲、乙的植物新品种。以下对相关操作及结果的叙述，错误的是
- A. 将含有目的基因和标记基因的载体导入受体细胞
 B. 通过接种病原体对转基因的植株进行抗病性鉴定
 C. 调整培养基中植物激素比例获得 F₁ 花粉再生植株
 D. 经花粉离体培养获得的若干再生植株均为二倍体
5. 为减少某自然水体中 N、P 含量过高给水生生态系统带来的不良影响，环保工作者拟利用当地原有水生植物净化水体。选择其中 3 种植物分别置于试验池中，90 天后测定它们吸收 N、P 的量，结果见下表。

| 植物种类 | 单位水体面积 N 吸收量 (g/m ²) | 单位水体面积 P 吸收量 (g/m ²) |
|--------|----------------------------------|----------------------------------|
| 浮水植物 a | 22.30 | 1.70 |
| 浮水植物 b | 8.51 | 0.72 |
| 沉水植物 c | 14.61 | 2.22 |

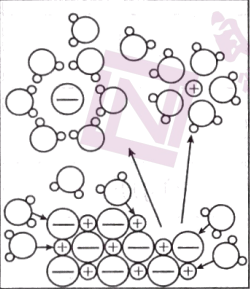
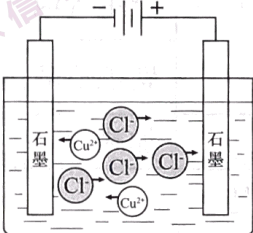
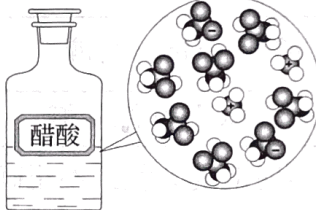
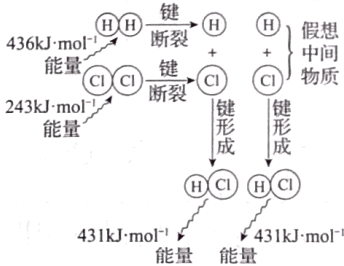
结合表中数据，为达到降低该自然水体中 N、P 的最佳效果，推断应投放的两种植物及对该水体的生态影响是

- A. 植物 a 和 b，群落的水平结构将保持不变
 B. 植物 a 和 b，导致该水体中的食物链缩短
 C. 植物 a 和 c，这两种植物种群密度会增加
 D. 植物 a 和 c，群落中能量流动方向将改变

6. 下列我国科研成果所涉及材料中，主要成分为同主族元素形成的无机非金属材料的是

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| A. 4.03 米大口径 碳化硅反射镜 | B. 2022 年冬奥会 聚氨酯速滑服 | C. 能屏蔽电磁波的 碳包覆银纳米线 | D. “玉兔二号” 钛合金筛网轮 |

7. 下列示意图与化学用语表述内容不相符的是（水合离子用相应离子符号表示）

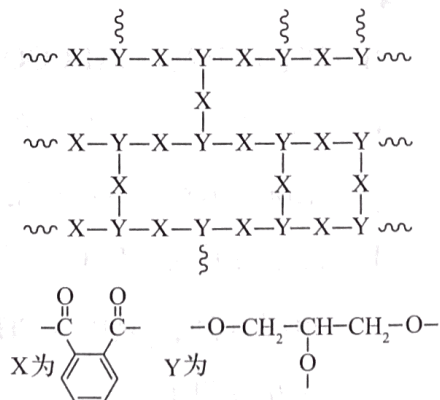
| A | B | C | D |
|--|--|---|--|
|  |  |  |  |
| NaCl 溶于水 | 电解 CuCl ₂ 溶液 | CH ₃ COOH 在水中电离 | H ₂ 与 Cl ₂ 反应能量变化 |
| NaCl = Na ⁺ + Cl ⁻ | CuCl ₂ = Cu ²⁺ + 2Cl ⁻ | CH ₃ COOH ⇌ CH ₃ COO ⁻ + H ⁺ | H ₂ (g) + Cl ₂ (g) = 2HCl(g) ΔH = -183 kJ·mol ⁻¹ |

8. 2019 年是元素周期表发表 150 周年，期间科学家为完善周期表做出了不懈努力。中国科学院院士张青莲教授曾主持测定了铟 ($_{49}\text{In}$) 等 9 种元素相对原子质量的新值，被采用为国际新标准。铟与铷 ($_{37}\text{Rb}$) 同周期。下列说法不正确的是

- A. In 是第五周期第 IIIA 族元素 B. $^{115}_{49}\text{In}$ 的中子数与电子数的差值为 17
C. 原子半径: In > Al D. 碱性: In(OH)₃ > RbOH

9. 交联聚合物 P 的结构片段如右图所示。下列说法不正确的是（图中 \sim 表示链延长）

- A. 聚合物 P 中有酯基，能水解
B. 聚合物 P 的合成反应为缩聚反应
C. 聚合物 P 的原料之一丙三醇可由油脂水解获得
D. 邻苯二甲酸和乙二醇在聚合过程中也可形成类似聚合物 P 的交联结构



10. 下列除杂试剂选用正确且除杂过程不涉及氧化还原反应的是

| | 物质 (括号内为杂质) | 除杂试剂 |
|---|---|---|
| A | FeCl ₂ 溶液 (FeCl ₃) | Fe 粉 |
| B | NaCl 溶液 (MgCl ₂) | NaOH 溶液、稀 HCl |
| C | Cl ₂ (HCl) | H ₂ O、浓 H ₂ SO ₄ |
| D | NO (NO ₂) | H ₂ O、无水 CaCl ₂ |

11. 探究草酸 (H₂C₂O₄) 性质, 进行如下实验。(已知: 室温下, 0.1 mol·L⁻¹ H₂C₂O₄ 的 pH=1.3)

| 实验 | 装置 | 试剂 a | 现象 |
|----|----|---------------------------------------|--------------|
| ① | | Ca(OH) ₂ 溶液 (含酚酞) | 溶液褪色, 产生白色沉淀 |
| ② | | 少量 NaHCO ₃ 溶液 | 产生气泡 |
| ③ | | 酸性 KMnO ₄ 溶液 | 紫色溶液褪色 |
| ④ | | C ₂ H ₅ OH 和浓硫酸 | 加热后产生有香味物质 |

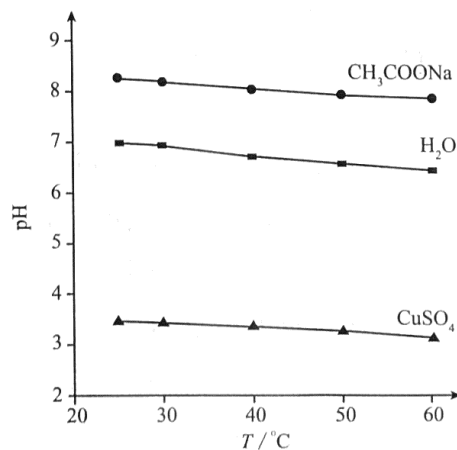
由上述实验所得草酸性质所对应的方程式不正确的是

- A. H₂C₂O₄ 有酸性, $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = \text{CaC}_2\text{O}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- B. 酸性: $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 > \text{H}_2\text{CO}_3$, $\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = \text{NaHC}_2\text{O}_4 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- C. H₂C₂O₄ 有还原性, $2\text{MnO}_4^- + 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 16\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$
- D. H₂C₂O₄ 可发生酯化反应, $\text{HOCCOOH} + 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{浓硫酸}} \text{C}_2\text{H}_5\text{OOC COOC}_2\text{H}_5 + 2\text{H}_2\text{O}$

12. 实验测得 0.5 mol·L⁻¹ CH₃COONa 溶液、0.5 mol·L⁻¹ CuSO₄ 溶液以及 H₂O 的 pH 随温度变化的

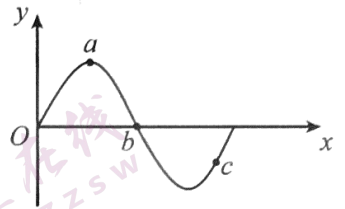
的曲线如图所示。下列说法正确的是

- A. 随温度升高, 纯水中 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$
- B. 随温度升高, CH₃COONa 溶液的 $c(\text{OH}^-)$ 减小
- C. 随温度升高, CuSO₄ 溶液的 pH 变化是 K_w 改变与水解平衡移动共同作用的结果
- D. 随温度升高, CH₃COONa 溶液和 CuSO₄ 溶液的 pH 均降低, 是因为 CH₃COO⁻、Cu²⁺ 水解平衡移动方向不同



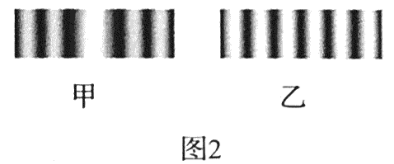
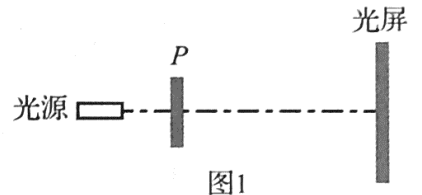
13. 一列简谐横波某时刻的波形如图所示，比较介质中的三个质点 a 、 b 、 c ，则

- A. 此刻 a 的加速度最小
- 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



14. 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

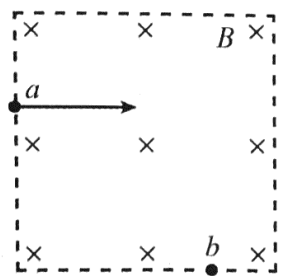


15. 下列说法正确的是

- 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

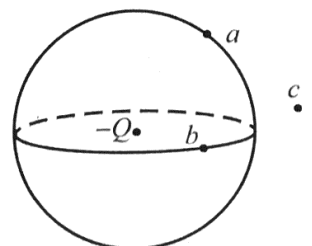
16. 如图所示，正方形区域内存在垂直纸面的匀强磁场。一带电粒子垂直磁场边界从 a 点射入，从 b 点射出。下列说法正确的是

- 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



17. 如图所示， a 、 b 两点位于以负点电荷 $-Q$ ($Q > 0$) 为球心的球面上， 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



18. 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

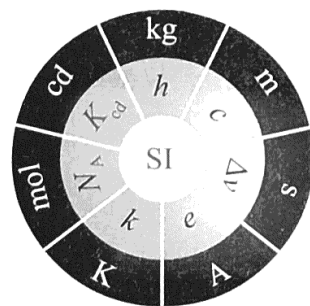
19. 光电管是一种利用光照射产生电流的装置,当入射光照在管中金属板上时,可能形成光电流。表中给出了6次实验的结果。

| 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

20. 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 $e(\text{C})$ 定义安培(A),因为电荷量 q 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

第二部分 (非选择题 共 180 分)

本部分共 11 小题, 共 180 分。

21. (18 分)

用如图 1 所示装置研究平抛运动。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。

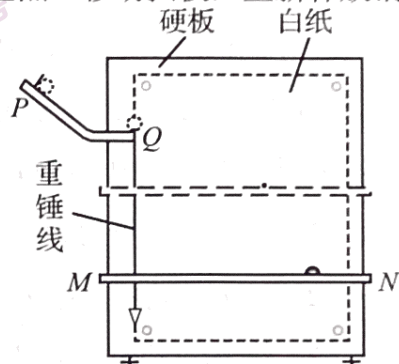


图1

- (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)。

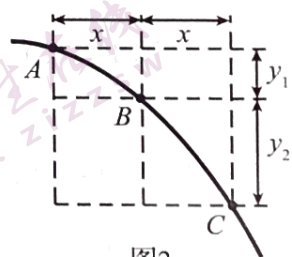


图2

- (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

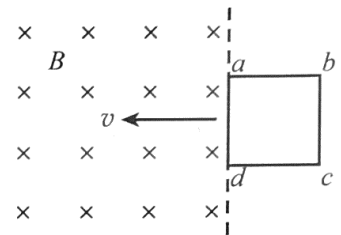
(5) 牛顿设想，把物体从高山上水平抛出，速度一次比一次大，落地点就一次比一次远，如果速度足够大，物体就不再落回地面，它将绕地球运动，成为人造地球卫星。

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。

22. (16分)

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 。



23. (18分)

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 $v-t$ 图像求位移的方法，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。

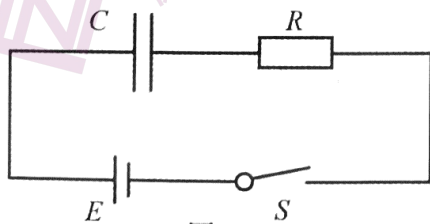


图2

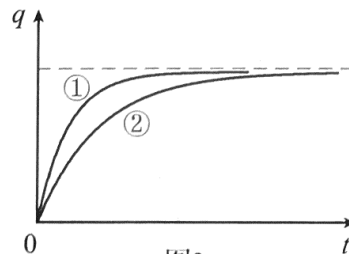


图3

- (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 | | |

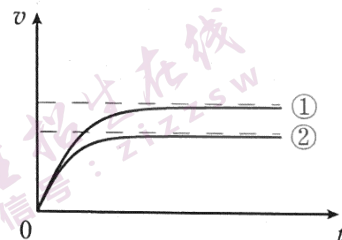
24. (20分)

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。

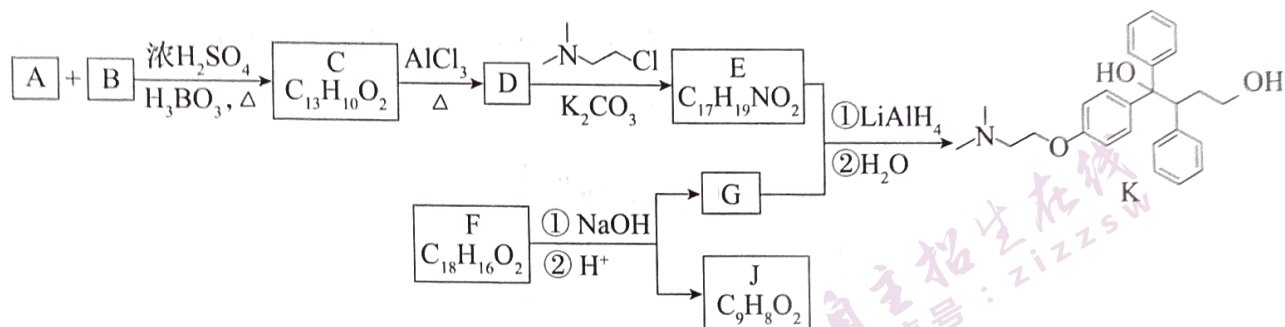
a. 设雨滴的密度为 ρ , 推导雨滴下落趋近的最大速度 v_m 与半径 r 的关系式;

- 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。

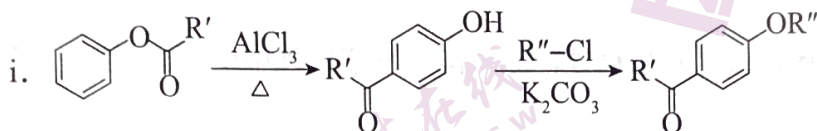


- (3) 由于大量气体分子在各方向运动的几率相等, 其对静止雨滴的作用力为零。将雨滴简化为垂直于运动方向面积为 S 的圆盘, 证明: 圆盘以速度 v 下落时受到的空气阻力 $f \propto v^2$ (提示: 设单位体积内空气分子数为 n , 空气分子质量为 m_0)。

25. (16分) 抗癌药托瑞米芬的前体 K 的合成路线如下。



已知:



ii. 有机物结构可用键线式表示, 如 $(\text{CH}_3)_2\text{NCH}_2\text{CH}_3$ 的键线式为

(1) 有机物 A 能与 Na_2CO_3 溶液反应产生 CO_2 , 其钠盐可用于食品防腐。有机物 B 能与 Na_2CO_3 溶液反应, 但不产生 CO_2 ; B 加氢可得环己醇。A 和 B 反应生成 C 的化学方程式是 _____, 反应类型是 _____。

(2) D 中含有的官能团: _____。

(3) E 的结构简式为 _____。

(4) F 是一种天然香料, 经碱性水解、酸化, 得 G 和 J。J 经还原可转化为 G。J 的结构简式为 _____。

(5) M 是 J 的同分异构体, 符合下列条件的 M 的结构简式是 _____。

① 包含 2 个六元环

② M 可水解, 与 NaOH 溶液共热时, 1 mol M 最多消耗 2 mol NaOH

(6) 推测 E 和 G 反应得到 K 的过程中, 反应物 LiAlH_4 和 H_2O 的作用是 _____。

(7) 由 K 合成托瑞米芬的过程:



托瑞米芬具有反式结构, 其结构简式是 _____。

26. (12分) 化学小组用如下方法测定经处理后的废水中苯酚的含量(废水中不含干扰测定的物质)。

- I. 用已准确称量的 KBrO_3 固体配制一定体积的 $a \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KBrO_3 标准溶液;
- II. 取 $v_1 \text{ mL}$ 上述溶液, 加入过量 KBr , 加 H_2SO_4 酸化, 溶液颜色呈棕黄色;
- III. 向 II 所得溶液中加入 $v_2 \text{ mL}$ 废水;
- IV. 向 III 中加入过量 KI ;
- V. 用 $b \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定 IV 中溶液至浅黄色时, 滴加 2 滴淀粉溶液, 继续滴定至终点, 共消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 $v_3 \text{ mL}$ 。

已知: $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ 溶液颜色均为无色

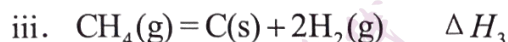
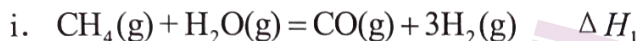
- (1) I 中配制溶液用到的玻璃仪器有烧杯、玻璃棒、胶头滴管和_____。
- (2) II 中发生反应的离子方程式是_____。
- (3) III 中发生反应的化学方程式是_____。
- (4) IV 中加 KI 前, 溶液颜色须为黄色, 原因是_____。
- (5) KI 与 KBrO_3 物质的量关系为 $n(\text{KI}) \geq 6n(\text{KBrO}_3)$ 时, KI 一定过量, 理由是_____。
- (6) V 中滴定至终点的现象是_____。
- (7) 废水中苯酚的含量为_____ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (苯酚摩尔质量: $94 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$)。
- (8) 由于 Br_2 具有_____性质, II ~ IV 中反应须在密闭容器中进行, 否则会造成测定结果偏高。

27. (14分) 氢能源是最具应用前景的能源之一, 高纯氢的制备是目前的研究热点。

(1) 甲烷水蒸气催化重整是制高纯氢的方法之一。

① 反应器中初始反应的生成物为 H_2 和 CO_2 , 其物质的量之比为 4:1, 甲烷和水蒸气反应的方程式是_____。

② 已知反应器中还存在如下反应:



.....

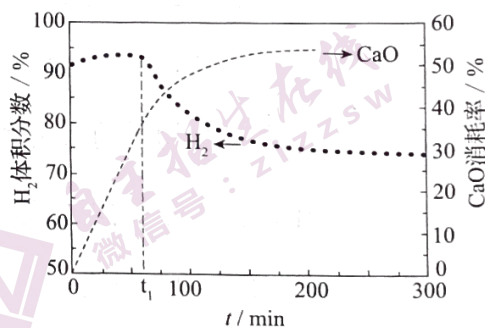
iii 为积炭反应, 利用 ΔH_1 和 ΔH_2 计算 ΔH_3 时, 还需要利用_____反应的 ΔH 。

③ 反应物投料比采用 $n(H_2O) : n(CH_4) = 4:1$, 大于初始反应的化学计量数之比, 目的是_____ (选填字母序号)。

- a. 促进 CH_4 转化 b. 促进 CO 转化为 CO_2 c. 减少积炭生成

④ 用 CaO 可以去除 CO_2 。 H_2 体积分数和 CaO 消耗率随时间变化关系如下图所示。

从 t_1 时开始, H_2 体积分数显著降低, 单位时间 CaO 消耗率_____ (填“升高”“降低”或“不变”)。此时 CaO 消耗率约为 35%, 但已失效, 结合化学方程式解释原因: _____。

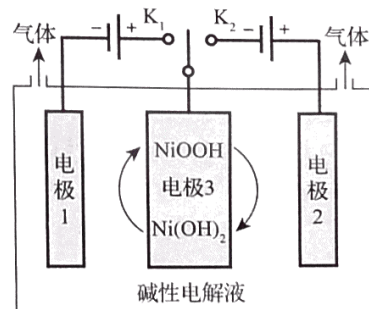


(2) 可利用太阳能光伏电池电解水制高纯氢, 工作示意图如下。通过控制开关连接 K_1 或 K_2 , 可交替得到 H_2 和 O_2 。

① 制 H_2 时, 连接_____。
产生 H_2 的电极反应式是_____。

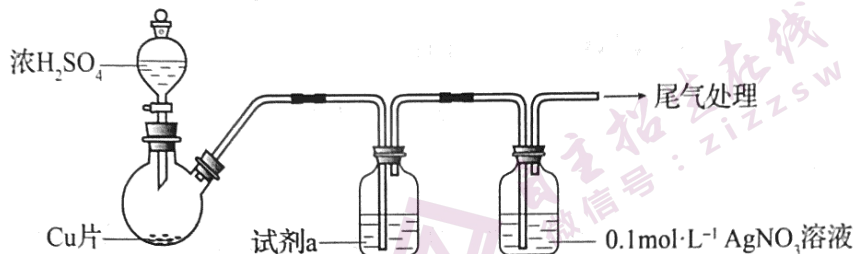
② 改变开关连接方式, 可得 O_2 。

③ 结合①和②中电极 3 的电极反应式, 说明电极 3 的作用: _____。



28. (16分) 化学小组实验探究 SO_2 与 AgNO_3 溶液的反应。

(1) 实验一：用如下装置（夹持、加热仪器略）制备 SO_2 ，将足量 SO_2 通入 AgNO_3 溶液中，迅速反应，得到无色溶液 A 和白色沉淀 B。



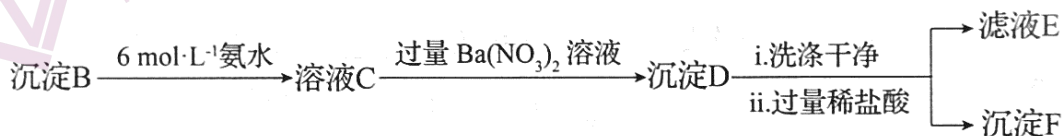
① 浓 H_2SO_4 与 Cu 反应的化学方程式是_____。

② 试剂 a 是_____。

(2) 对体系中有关物质性质分析得出：沉淀 B 可能为 Ag_2SO_3 、 Ag_2SO_4 或二者混合物。

(资料： Ag_2SO_4 微溶于水； Ag_2SO_3 难溶于水)

实验二：验证 B 的成分



① 写出 Ag_2SO_3 溶于氨水的离子方程式：_____。

② 加入盐酸后沉淀 D 大部分溶解，剩余少量沉淀 F。推断 D 中主要是 BaSO_3 ，进而推断 B 中含有 Ag_2SO_3 。向滤液 E 中加入一种试剂，可进一步证实 B 中含有 Ag_2SO_3 。所用试剂及现象是_____。

(3) 根据沉淀 F 的存在，推测 SO_4^{2-} 的产生有两个途径：

途径 1：实验一中， SO_2 在 AgNO_3 溶液中被氧化生成 Ag_2SO_4 ，随沉淀 B 进入 D。

途径 2：实验二中， SO_3^{2-} 被氧化为 SO_4^{2-} 进入 D。

实验三：探究 SO_4^{2-} 的产生途径

① 向溶液 A 中滴入过量盐酸，产生白色沉淀，证明溶液中含有_____；取上层清液继续滴加 BaCl_2 溶液，未出现白色沉淀，可判断 B 中不含 Ag_2SO_4 。做出判断的理由：_____。

② 实验三的结论：_____。

(4) 实验一中 SO_2 与 AgNO_3 溶液反应的离子方程式是_____。

(5) 根据物质性质分析， SO_2 与 AgNO_3 溶液应该可以发生氧化还原反应。将实验一所得混合物放置一段时间，有 Ag 和 SO_4^{2-} 生成。

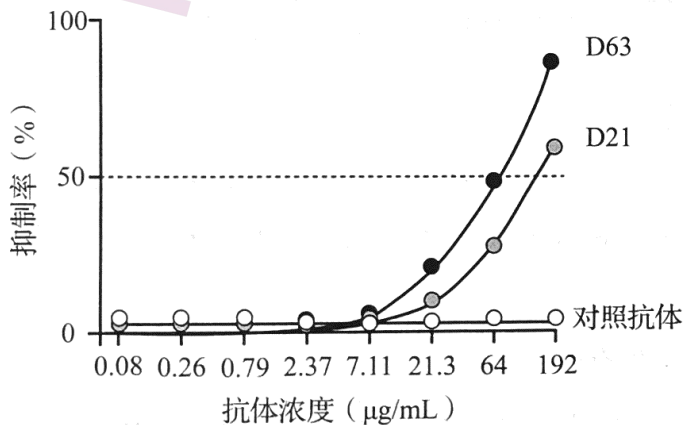
(6) 根据上述实验所得结论：_____。

29. (17分)

流行性感冒(流感)由流感病毒引起,传播速度快、波及范围广,严重时可致人死亡。

- (1) 流感病毒必须在_____内增殖,当侵染人呼吸道上皮细胞时,会经过_____、穿入、脱壳、生物合成和成熟释放等几个阶段。
- (2) 流感病毒的抗原刺激人体免疫系统,使 B 细胞增殖分化为_____细胞,后者能产生特异性抗体。
- (3) HA 和 NA 是流感病毒表面的两种糖蛋白,甲型流感病毒的 HA、NA 氨基酸序列的变异频率非常高,导致每年流行的病毒毒株可能不同。每年要根据流行预测进行预防接种的免疫学原理是_____。
- (4) 研究者通过实验观察 NA 抗体对病毒侵染细胞的抑制作用。主要实验材料包括:感染流感病毒后 63 天、21 天的两位康复者的 NA 抗体(分别为 D63、D21)、对照抗体、流感病毒和易感细胞。

① 实验的主要步骤依次是:培养易感细胞、_____ (选择并排序) 等。



- a. 将抗体分别与流感病毒混合
- b. 将各混合物加入同一细胞培养瓶
- c. 将各混合物分别加入不同细胞培养瓶
- d. 检测 NA 抗体与易感细胞的结合率
- e. 检测培养物中病毒的增殖量
- f. 检测细胞对病毒的损伤程度

② 图中实验结果表明,这两位康复者均产生了抗 NA 的抗体,其中对流感病毒抑制效果较好的抗体是_____。选用的对照抗体应不能与_____特异性结合。

③ 依据本实验结果提出疫苗研制的思路。

(5) 若你已被确诊为流感患者,请例举具体的应对措施。

31. (16分)

光合作用是地球上最重要的化学反应，发生在高等植物、藻类和光合细菌中。

- (1) 地球上生命活动所需的能量主要来源于光反应吸收的_____。在碳(暗)反应中，RuBP羧化酶(R酶)催化 CO_2 与RuBP(C_5)结合，生成2分子 C_3 。影响该反应的外部因素，除光照条件外还包括_____ (写出两个)；内部因素包括_____ (写出两个)。
- (2) R酶由8个大亚基蛋白(L)和8个小亚基蛋白(S)组成。高等植物细胞中L由叶绿体基因编码并在叶绿体中合成，S由细胞核基因编码并在_____中由核糖体合成后进入叶绿体，在叶绿体的_____中与L组装成有功能的酶。
- (3) 研究发现，原核生物蓝藻(蓝细菌)R酶的活性高于高等植物。有人设想通过基因工程技术将蓝藻R酶的S、L基因转入高等植物，以提高后者的光合作用效率。研究人员将蓝藻S、L基因转入某高等植物(甲)的叶绿体DNA中，同时去除甲的L基因。转基因植株能够存活并生长。检测结果表明，转基因植株中的R酶活性高于未转基因的正常植株。
- ① 由上述实验能否得出“转基因植株中有活性的R酶是由蓝藻的S、L组装而成”的推测？请说明理由。
- ② 基于上述实验，下列叙述中能够体现生物统一性的选项包括_____。
- a. 蓝藻与甲都以DNA作为遗传物质
 - b. 蓝藻与甲都以R酶催化 CO_2 的固定
 - c. 蓝藻R酶大亚基蛋白可在甲的叶绿体中合成
 - d. 在蓝藻与甲的叶肉细胞中R酶组装的位置不同

(考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效)

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）参考答案

第一部分共 20 小题，每小题 6 分，共 120 分。

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. B | 2. B | 3. C | 4. D | 5. C |
| 6. A | 7. B | 8. D | 9. D | 10. B |
| 11. C | 12. C | 13. C | 14. A | 15. A |
| 16. C | 17. D | 18. D | 19. B | 20. D |

第二部分共 11 小题，共 180 分。

21. (18 分)

(1) BD

(2) a. 球心 需要

b. 大于 $x\sqrt{\frac{g}{y_2 - y_1}}$

(3) AB

(4) B

(5) 物体初速度较小时，运动范围很小，引力可以看作恒力——重力，做平抛运动；随着物体初速度增大，运动范围变大，引力不能再看作恒力；当物体初速度达到第一宇宙速度时，做圆周运动而成为地球卫星。

22. (16 分)

(1) 由法拉第电磁感应定律可得，感应电动势

$$E = BLv$$

(2) 线圈中的感应电流

$$I = \frac{E}{R}$$

拉力大小等于安培力大小

$$F = BIL$$

拉力的功率

$$P = Fv = \frac{B^2 L^2 v^2}{R}$$

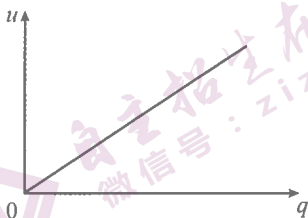
(3) 线圈 ab 边电阻 $R_{ab} = \frac{R}{4}$

时间 $t = \frac{L}{v}$

ab 边产生的焦耳热 $Q = I^2 R_{ab} t = \frac{B^2 L^3 v}{4R}$

23. (18分)

(1) $u-q$ 图线如答图 1;



答图1

电压为 U 时, 电容器带电 Q , 图线和横轴围成的面积为所储存的电能 E_p

$$E_p = \frac{1}{2}QU, \text{ 又 } Q = CU$$

故

$$E_p = \frac{1}{2}CU^2$$

(2) a. R

b. 减小电阻 R , 可以实现对电容器更快速充电; 增大电阻 R , 可以实现更均匀充电。

(3)

| | “恒流源” | (2) 中电源 |
|---------|-------|---------|
| 电源两端电压 | 增大 | 不变 |
| 通过电源的电流 | 不变 | 减小 |

24. (20分)

(1) 根据动能定理

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

可得

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

(2) a. 根据牛顿第二定律

$$mg - f = ma$$

得

$$a = g - \frac{kr^2v^2}{m}$$

当加速度为零时，雨滴趋近于最大速度 v_m

雨滴质量

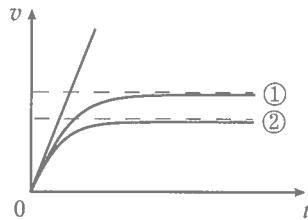
$$m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$$

由 $a = 0$ ，可得，雨滴最大速度

$$v_m = \sqrt{\frac{4\rho g}{3k}r}$$

b. ①

如答图 2



答图2

(3) 根据题设条件：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。以下只考虑雨滴下落的定向运动。

简化的圆盘模型如答图 3。设空气分子与圆盘碰撞前后相对速度大小不变。在 Δt 时间内，与圆盘碰撞的空气分子质量为

$$\Delta m = Sv\Delta t n m_0$$

以 F 表示圆盘对气体分子的作用力，根据动量定理，

有

$$F\Delta t \propto \Delta m \times v$$

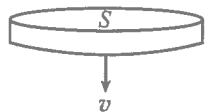
得

$$F \propto n m_0 S v^2$$

由牛顿第三定律，可知圆盘所受空气阻力

$$f \propto v^2$$

采用不同的碰撞模型，也可得到相同结论。



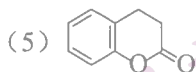
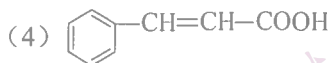
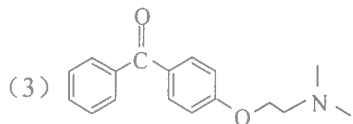
答图3

25. (16分)

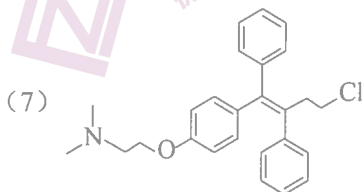


取代反应 (或酯化反应)

(2) 羟基、羰基

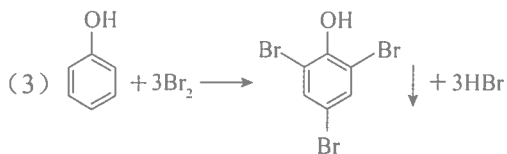
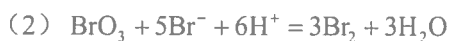


(6) 还原 (加成)



26. (12分)

(1) 容量瓶



(4) Br_2 过量, 保证苯酚完全反应

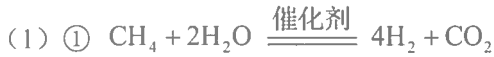
(5) 反应物用量存在关系: $\text{KBrO}_3 \sim 3\text{Br}_2 \sim 6\text{KI}$, 若无苯酚时, 消耗 KI 物质的量是 KBrO_3 物质的量的 6 倍, 因有苯酚消耗 Br_2 , 所以当 $n(\text{KI}) \geq 6n(\text{KBrO}_3)$ 时, KI 一定过量

(6) 溶液蓝色恰好消失

(7)
$$\frac{(6av_1 - bv_3) \times 94}{6v_2}$$

(8) 易挥发

27. (14分)

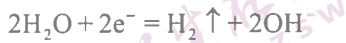


③ a b c

④ 降低

$\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$, CaCO_3 覆盖在 CaO 表面, 减少了 CO_2 与 CaO 的接触面积

(2) ① K_1

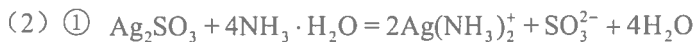


③ 制 H_2 时, 电极 3 发生反应: $\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{OH}^- - \text{e}^- = \text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O}$ 。制 O_2 时, 上述电极反应逆向进行, 使电极 3 得以循环使用

28. (16分)



② 饱和 NaHSO_3 溶液



② H_2O_2 溶液, 产生白色沉淀

(3) ① Ag^+

Ag_2SO_4 溶解度大于 BaSO_4 , 没有 BaSO_4 沉淀时, 必定没有 Ag_2SO_4

② 途径 1 不产生 SO_4^{2-} , 途径 2 产生 SO_4^{2-}



(6) 实验条件下:

SO_2 与 AgNO_3 溶液生成 Ag_2SO_3 的速率大于生成 Ag 和 SO_4^{2-} 的速率

碱性溶液中 SO_3^{2-} 更易被氧化为 SO_4^{2-}

