

参考答案

生物部分

1. B 氨基酸的不同在于其 R 基团不同,所以脯氨酸与其他氨基酸的结构差异主要在于 R 基的不同, A 正确;由题中条件“脯氨酸是植物体内重要的渗透调节物质,它的亲水端可以与水分子结合”可知,脯氨酸可将细胞中的自由水转化为结合水,通过提高细胞中的结合水含量来增强植物抗旱性, B 错误;由题中信息“疏水端可以与蛋白质联结,从而防止蛋白质因为脱水而引起变性”可知,脯氨酸与蛋白质联结可保护蛋白质的空间结构从而防止变性, C 正确;磷脂具有亲水性的“头”和疏水性的“尾”,根据题意,脯氨酸也有亲水端和疏水端, D 正确。
2. D 根据图中的第 2 组和第 3 组结果分析,控制开花的因素是持续不断夜间的长度,而不是日照的长度,如果被闪光中断,即使黑暗总长度超过临界夜长也不开花, A 正确;短日照植物需要处于较长的连续黑暗的环境才能开花,在短日照植物临近开花季节,夜间照明会使开花时间推迟, B 正确;将菊花(短日照物)每天遮光数小时,满足了其开花所需的连续黑暗条件的需求,可以使其在夏天开花, C 正确;长日照植物开花的条件是较短的黑暗时间,若将实验植物换成长日照植物,在暗期内不断闪光,打破了连续的黑暗时间,使连续的黑暗时间变短,满足长日照植物开花条件,长日照植物会提前开花, D 错误。
3. D 酶促反应速率低的抑制作用强,因此抑制剂 I 对该消化酶的抑制作用弱于抑制剂 II, A 错误;底物浓度升高可减小或去除抑制剂 I 的作用,随着底物浓度的增大,后期①与②的酶促反应速率相同, B 错误;当底物浓度为 A 时,曲线②、③酶促反应所需的活化能不同,②的更低,因此②的速率更快, C 错误;当底物浓度大于 A 时,增大底物浓度,酶促反应速率不再增大,因此曲线①的限制因素不再是底物浓度, D 正确。
4. C 电突触的突触间隙很窄,在突触小体内无突触小泡,神经元间隙中含有组织液, A 正确;电突触的传递依靠电信号,而化学突触的传递借助于神经递质,因此电突触的信号传递速度比化学突触的信号传递速度快,有利于生物对伤害性刺激做出更快的反应, B 正确;兴奋在电突触的传递不存在神经递质的释放,不会发生“电信号→化学信号→电信号”的转化, C 错误;兴奋在化学突触处的传递是单向的,由于电突触的突触小体没有突触小泡,不借助于神经递质,且突触间隙两侧的膜是对称的,因此构成电突触的两个神经元中,任何一个神经元产生的兴奋均可以传给另一个神经元,故兴奋在电突触处的传递通常是双向的, D 正确。
5. D 物质循环是指元素的循环,水循环以分子的形式循环,循环的形式不同, A 错误;物质循环过程中物质进入和离开生态系统的过程与水循环不完全相同,如水可以通过蒸腾作用进入无机环境中, B 错误;具有富集作用的物质是难分解的有机物或者重金属离子,不是所有物质都会沿着食物链的延长而积累, C 错误;如果人类过多干扰物质循环的某个环节,就会影响循环过程中物质的来源或去路,当两者的量差异很大时就会造成环境污染甚至生态失衡,如温室效应、酸雨等, D 正确。

6. A 孟德尔认为,遗传因子是“独立的颗粒”,既不会相互融合,也不会传递中消失,否定了遗传融合的观点, A 正确;孟德尔通过一对相对性状的杂交试验,发现 F_2 性状分离比为 3:1,是观察到的现象,不属于假说—演绎法中“假说”的内容, B 错误;测交实验验证了演绎推理的结果,属于假说—演绎法中“实验验证”的内容, C 错误;孟德尔没有提出基因的概念, D 错误。

29. (1)绿藻主要吸收红光和蓝紫光,所以分布在海水的浅层,红藻主要吸收蓝紫光和绿光,所以分布于海水的深层(2分)
(2)氧和 H^+ (1分) $NADP^+$ 和 H^+ 结合形成 NADPH(1分)
(3)叶绿素含量高于类胡萝卜素(1分) 取新鲜绿叶提取色素,并利用纸层析法分离色素,比较色素带的宽窄(2分)
(4)捕获光能(1分) 光照过强超过了类胡萝卜素的保护能力,使类囊体膜等受到破坏,影响光合作用的光反应,使 ATP 和 NADPH 生成减少,进而影响暗反应中 C_3 的还原,光合速率降低(2分)

解析:(1)不同颜色的藻类吸收不同波长的光。藻类本身的颜色是反射出来的光所形成的,即红藻反射出红光,绿藻反射出绿光,褐藻反射出黄色的光。水对红、橙光的吸收比对蓝、绿光的吸收要多,即到达深水层的光线是短波长的光,因此,吸收红光和蓝紫光较多的绿藻分布于海水的浅层,吸收蓝紫光和绿光较多的红藻分布于海水深的地方。(2)水被分解为氧和 H^+ 同时被夺去两个电子。电子经一些列传递,可用于光系统中 $NADP^+$ 和 H^+ 结合形成 NADPH。(3)新鲜的绿色叶片中叶绿素含量高于类胡萝卜素。色素含量的多少可通过比较纸层析法分离得到的色素带的宽窄得知。所以取新鲜绿叶提取色素,并利用纸层析法分离色素,比较色素带的宽窄即可。(4)植物体的光合色素具有捕获光能的作用。据题干信息可知,类胡萝卜素能帮助植物抵御强光造成的损伤,但该能力是有一定限度的,若光照强度超过了类胡萝卜素的保护能力,使叶绿体膜、类囊体膜等受到破坏,进而导致光系统受到破坏,影响光合作用的光反应,使 ATP 和 NADPH 生成减少,进而影响暗反应中三碳化合物的还原,光合速率降低。

30. (1)体温调节中枢(1分) 分级调节(1分)
(2)抑制(1分) (下丘脑分泌的)TRH 及(外周血中) T_3 、 T_4 (负反馈作用)(1分)
(3) T_3 —TR(T_3 —受体复合物)(1分) 有机物中的化学能转化为热能(1分)
(4)辅助性 T 细胞和促甲状腺激素(1分) 自身免疫(1分)
易激动,精神过敏,食欲亢进,但体重下降,疲乏无力,并且还常伴有心动过速、心悸、低热(2分)

解析:(1)兴奋引起钠离子内流,形成动作电位,在神经纤维上以电信号的形式传导,引起下丘脑体温调节中枢兴奋,经下丘脑—垂体—甲状腺轴的分级调节作用,甲状腺激素 TH 分泌量增加。(2)甲状腺激素对下丘脑和垂体存在负反馈调节,当浓度增高时会抑制下丘脑和垂体的活动,使甲状腺激素含量维持正常生理水平。由图 1 可知,该过程中,垂体分泌的 TSH 受 TRH 和 T_3 、 T_4 的双重调控。(3) T_3 进入靶细胞内,可直接进入核内与核受体结合形成 T_3 —受体复合物,与 DNA 上特定的 TRE 序列结合,通过对基因表达的调控,影响蛋白质的合成来调节代谢;线粒体正常发生的能量转化是氧化分解有机物,将有机物中化学能转化成 ATP 中活跃的化学能和热能, T_3 使得氧化分解无法转化成 ATP 中的化学能,此时线粒体发生有机物中化学能转化成热能。(4)促甲状腺激

素活化的 B 细胞需要促甲状腺激素活化,也需要辅助性 T 细胞的刺激作用,浆细胞产生的抗体与自身甲状腺细胞膜上促甲状腺激素受体结合属于自身免疫病。该病导致甲状腺细胞功能亢进,而甲状腺激素有促进代谢、提高神经系统兴奋性等作用,故表现为易激动,精神过敏,食欲亢进,但体重下降,疲乏无力,并且还常伴有心动过速、心悸、低热等现象。

31. (1)第二(0.5 分) 流向下一营养级和分解者(1 分)

(2)垂直(0.5 分) J(1 分) 红藻死亡后,被分解者分解,会引起海水中溶解氧减少,导致海洋生物死亡;部分红藻有毒性,鱼类捕食后死亡等(答案合理即可)(2 分)

(3)不添加紫菜干体(1 分) 0.8 g/L(1 分) 紫菜分泌的某种物质可以抑制红藻的生长(1 分)

(4)红藻死亡后细胞破裂,细胞内含 N、P 化合物溶出(1 分)

解析:(1)在食物链上,植物一般属于生产者,是第一营养级,若某种鱼类以红藻(第一营养级)为食,那么它在食物链中处于第二营养级。动物的同化能的去向包括呼吸作用消耗和用于生长、发育和繁殖的能量,用于生长、发育和繁殖的能量主要包括流向下一营养级、流向分解者和未被利用。(2)群落的垂直结构指群落在垂直方面的配置状态,其最显著的特征是分层现象,即在垂直方向分成许多层次的现象,不同深度的海洋中,藻类的种类也不同,这体现了群落的垂直结构。米氏凯伦藻大量增殖形成赤潮,短时间内食物充足,无限空间,无天敌,接近“J”型曲线增长。米氏凯伦藻大量增殖形成赤潮,红藻死亡后,被分解者分解,会引起海水中溶解氧减少,导致海洋生物死亡;部分红藻有毒性,鱼类捕食后死亡等,因此赤潮会导致海洋生态系统的生物多样性降低。(3)研究不同浓度的紫菜干体溶液对米氏凯伦藻生长的影响,自变量是不同浓度的紫菜干体溶液,因此对照组是不添加紫菜干体。据图可知,0.4 g/L 的紫菜干体溶液加入后与对照组米氏凯伦藻相差不多,0.8 g/L 和 1.6 g/L 的紫菜干体溶液加入后比对照组米氏凯伦藻少,因此紫菜干体溶液浓度超过 0.8 g/L 时,能明显抑制米氏凯伦藻生长。紫菜干体抑制红藻生长的原因是紫菜分泌的某种物质可以抑制红藻的生长。(4)据图 2 可知,添加 1.6 g/L 紫菜干体后,培养液中总氮和总磷量比对照组增加,可能是红藻死亡后细胞破裂,细胞内含 N、P 化合物溶出。

32. (1)灰体、长翅(1 分) 一(1 分)

(2)减数分裂 I 前期(1 分) 交叉互换(1 分) 黑檀体残翅(F_2)(1 分) 灰体长翅(F_1)(1 分) 灰体长翅、灰体残翅、黑檀体长翅和黑檀体残翅均存在(1 分)

(3)基因突变(1 分) 正常翅:残翅=3:1(1 分) 正常翅:残翅=4:1(1 分)

解析:(1)由实验 1 可知,灰体长翅与黑檀体残翅进行杂交,后代为灰体长翅,由此可知,灰体对黑檀体为显性,长翅对残翅为显性。由实验 2 可知,后代灰体长翅:灰体残翅:黑檀体长翅:黑檀体残翅不符合 9:3:3:1 及其变式,说明 A 基因和 B 基因这两对等位基因的遗传不遵循基因的自由组合定律,A 基因和 B 基因位于一对同源染色体上。(2)A 基因和 B 基因位于一对同源染色体上,在不发生突变和交叉互换的情况下,灰体长翅(F_1 ,♀)×灰体长翅(F_1 ,♂)的杂交后代灰体长翅:黑檀体残翅=3:1,之所以会出现实验 2 的表现型及比例,可能是 F_1 的雌性个体在形成配子的过程中,在减数分裂 I 前期发生了互换,出现了 4 种配子 AB、aB、Ab、ab,而雄性个体产生了 2 种配子 AB、ab,雌雄配子进行结合,能产生灰体长翅、灰体残翅、黑檀体长翅、黑檀体残翅 4 种表现型。若

要验证这个猜想,可选用测交的方法,选择灰体长翅(F_1 ,♀)为母本,黑檀体残翅(F_2 ,♀)作为父本进行杂交。灰体长翅(F_1 ,♀)为母本能产生 AB、aB、Ab、ab 4 种配子,黑檀体残翅(F_2 ,♀)作为父本能产生 ab 1 种配子,故子代会出现灰体长翅、灰体残翅、黑檀体长翅和黑檀体残翅的果蝇个体。(3)现有纯合正常翅果蝇 BB 与残翅 bb 果蝇杂交子代中除了 1 只果蝇为残翅,其余均为正常翅,可能有两种情况,其一为亲本的正常翅果蝇在形成配子过程中发生基因突变,由 B 突变为 b,子代残翅的基因型为 bb;其二为亲本的正常翅果蝇在形成配子过程中发生染色体片段缺失,亲本的基因型为 BO,与 bb 杂交,子代残翅的基因型为 Ob。如果是可能性一,bb 与 BB 杂交, F_1 的基因型为 Bb, F_1 雌雄果蝇自由交配(Bb), F_2 的表型及比例为正常翅:残翅=3:1。如果是可能性二,Ob 与 BB 杂交, F_1 的基因型为 OB、Bb, F_1 雌雄果蝇能产生配子及比例为 O:B:b=1:2:1,根据棋盘法可得, F_2 的基因型及比例为 OO:B_:b_ =1:12:3,OO 致死,故 F_2 的表型及比例为正常翅:残翅=4:1。

37. (1)稀释涂布平板法(2 分) 2×10^7 (2 分)

(2)鉴别(2 分) E(2 分) E 菌落红色圈的直径与菌落直径的比值最大,产胡萝卜素的量最多(3 分)

(3)萃取法(2 分) 较高的沸点,能够充分溶解胡萝卜素,不与水混溶(答出两点即可)(2 分)

解析:(1)过程④纯化培养得到是散乱分布的菌落,可推知该接种方法是稀释涂布平板法。该实验涂布了 3 个平板,统计的菌落数分别是 199、198、203,则每个平板平均数为 200,分析题图,5 g 土壤加入 45 mL 无菌水,稀释 10 倍,步骤③连续稀释 3 次,因此接种的菌液的稀释倍数为 10000 倍,则 1 g 土壤中三孢布拉霉菌数约为 $200/0.1 \times 10000 = 2 \times 10^7$ 个。(2)戊培养基中加入了无色的 TTC,菌落呈红色的为能够产胡萝卜素的产菌菌株,从用途上看这属于鉴别培养基。因为三孢布拉霉菌在产生胡萝卜素的同时也会产生[H],[H]含量越高,还原能力越强,红色圈越大,为了选择出产胡萝卜素的高产菌株,应选择红色圈的直径与菌落直径比值最大的菌落,即 E 菌落。(3)胡萝卜素具有化学性质稳定、易溶于有机溶剂等特点,因此常用萃取法提取胡萝卜素。胡萝卜素的萃取效率主要取决于萃取剂的性质和用量,因此用于提取胡萝卜素的有机溶剂应具有较高的沸点,能够充分溶解胡萝卜素,不与水混溶等性质。

38. (1)DNA 连接(2 分)

(2)Sac II 和 Kpn I (2 分)

(3)农杆菌转化(2 分)

(4)分子杂交技术(或 PCR 技术)(2 分) 转基因不同品系(2 分) 5(2 分) 具有抗病性,致病疫霉相对生物量低;生根率高,存活能力强(3 分)

解析:(1)DNA 连接酶可连接具有相同黏性末端的目的基因和质粒。(2)根据图示,重组 pENTR-L16 和载体 pOREO4 都有限制酶 Sac II 和 Kpn I 的切割序列,用两种酶切割后,再用 DNA 连接酶连接可构建重组 pOREO4。(3)农杆菌细胞内含有 Ti 质粒,当它侵染植物细胞后,能将 Ti 质粒上的 T-DNA 转移到被侵染的细胞,并且将其整合到该细胞的染色体 DNA 上,故将目的基因转入植物细胞一般用农杆菌转化法。①转基因植物不同品系的目的基因可转录出 mRNA,可利用 PCR 技术或分子杂交技术检测。图中只有品系 5 的目的基因表达量显著低于野生型和其他四个品系;②比较品系

1 到 4 的致病疫霉相对生物量和生根率,可说明转基因马铃薯的表达策略优势是抗病能力强,体内致病疫霉相对生物量低;生根率高,生存能力强。

化学部分

7. B 新聚氨基酯(PU)材质,具有透气性、热塑性,A 错误;毛发属于蛋白质,可水解为氨基酸,米糠属于多糖,均可水解,但产物不同,B 正确;足球是由 60 个碳原子构成,石墨烯可以在平面上无限延伸,不属于同种物质,C 错误;石墨烯本来就存在于石墨中,只是层层堆叠难以剥离而已,且石墨烯属于单质,D 错误。
8. B 利用排空气法,装置①从 a 进气可收集 H_2 、 NH_3 ,从 b 进气可收集 CO_2 ,A 正确;胶体粒子可透过滤纸,不能用过滤的方法除去 $Fe(OH)_3$ 胶体中的 Na^+ 、 Cl^- ,B 错误;装置③中下方是阳极,产生 Cl_2 ,向上逸出的过程中与阴极产生的 $NaOH$ 反应生成 $NaClO$,C 正确; NH_3 不溶于 CCl_4 ,且 CCl_4 的密度比水大,装置④可用于吸收 NH_3 ,并防止倒吸,D 正确。
9. B 硫的最高化合价为 +6,A 错误;过二硫酸钠的水解化学方程式为 $Na_2S_2O_8 + 2H_2O = Na_2SO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2$,B 正确;过量的 $Na_2S_2O_8$ 溶液中存在一定量的 H_2O_2 , H_2O_2 会与 MnO_4^- 反应生成 MnO_2 ,C 错误;肉眼能看见的颗粒,直径一定不是纳米级别,D 错误。
10. B 题图 6 步反应中属于氧化还原反应的是①②④⑤⑥,A 正确; RuO_3^- 中 Ru 是 +5 价,TRAP 中的 RuO_4^- 中 Ru 是 +7 价,步骤④⑤中 NMO 将 RuO_3^- 氧化,生成 TRAP 试剂,B 错误;步骤⑥将 $2RuO_3^-$ 转化为 RuO_2 和 RuO_4^{2-} ,其反应的离子方程式为 $2RuO_3^- = RuO_2 + RuO_4^{2-}$,C 正确;本反应机理将 $R_1CH(OH)R_2$ 氧化为 R_1COR_2 ,若 R_1 为 $CH_3CH=CH-$, R_2 为 $-H$,则 TPAP 氧化该醇的主产物为 $CH_3CH=CHCHO$ (2-丁烯醛),D 正确。
11. C 根据放电时图中 Li^+ 由铝电极透过 Li 选择性透过膜向左迁移,可知放电时,铝电极为负极,发生反应: $Al + 7AlCl_4^- - 3e^- = 4Al_2Cl_7^-$,A 错误;放电时,磷酸铁锂电极为正极,铁元素被还原,B 错误;充电时,磷酸铁锂电极为阳极,发生反应: $LiFePO_4 - xe^- = Li_{(1-x)}FePO_4 + xLi^+$,C 正确;放电时磷酸铁锂电极为中三价铁被还原为二价铁,充电时则相反,D 错误。
12. C $NaOH$ 稀溶液与 Cl_2 在一定温度下反应生成 $NaClO$ 、 $NaCl$ 和 H_2O ,向反应后的混合液中加入 $CO(NH_2)_2$, $NaClO$ 与 $CO(NH_2)_2$ 反应生成 $N_2H_4 \cdot H_2O$,同时有 $NaCl$ 和 Na_2CO_3 生成,发生反应离子方程式 $CO(NH_2)_2 + ClO^- + 2OH^- = N_2H_4 \cdot H_2O + Cl^- + CO_3^{2-}$,向反应后的溶液中继续加入铜氨溶液发生反应 2 为 $2[Cu(NH_3)_4]^{2+} + N_2H_4 \cdot H_2O + 4OH^- \xrightarrow{\Delta} 2Cu \downarrow + N_2 \uparrow + 8NH_3 \uparrow + 5H_2O$,有 Cu 析出,过滤得到铜粉,以此分析解答。第一步反应中 Cl 元素化合价发生变化,第二步反应中 Cl、N 元素化合价发生变化,第三步反应中 Cu、N 元素化合价发生变化,所以题述三步反应均为氧化还原反应,A 正确;合成水合肼时需要用到 $NaClO$,则反应 1 的目的是用氢氧化钠溶液与氯气反应制备 $NaClO$,B 正确; $NaClO$ 与 $CO(NH_2)_2$ 反应合成水合肼的过程中,N 元素化合价由 -3 升高至 -2,化合价升高 1 价,消耗 1 mol $CO(NH_2)_2$ 时需要转移 2 mol 电子,转移电子数为 $2N_A$,C 错误;由分析可知反应 2 为 $2[Cu(NH_3)_4]^{2+} + N_2H_4 \cdot H_2O + 4OH^- \xrightarrow{\Delta} 2Cu \downarrow +$

$N_2 \uparrow + 8NH_3 \uparrow + 5H_2O$,D 正确。

13. A 玻璃棒含钠元素,应选铂丝或铁丝蘸取溶液进行焰色反应实验,A 错误;向 $FeBr_2$ 溶液中加入少量氯水, CCl_4 层无色,说明没有生成 Br_2 ,氯水与 Fe^{2+} 发生氧化还原反应,则 Fe^{2+} 的还原性强于 Br^- ,B 正确;检验还原铁粉是否变质,将其用稀盐酸溶解后,滴加 $KSCN$ 溶液,若溶液未变红,说明没有 Fe^{3+} ,但可能还原铁粉被氧化为亚铁离子,不能确定铁粉未变质,C 正确;用 2 个氯原子取代甲烷分子中任意 2 个氢原子,重复数次,观察所得球棍模型的结构均代表相同物质,则确认二氯甲烷分子不存在同分异构体,则可确认二氯甲烷分子不存在同分异构体,D 正确。

26. (1) $NaAlO_2$ (2 分) 除去有机物 (1 分)
(2) Ni^{2+} (1 分) Fe^{3+} (1 分)
(3) $2Fe^{2+} + ClO^- + 5H_2O = 2Fe(OH)_3 \downarrow + Cl^- + 4H^+$ (2 分)
(4) 洗涤、干燥 (2 分)
(5) $4NiCO_3 + O_2 \xrightarrow{\Delta} 2Ni_2O_3 + 4CO_2$ (2 分) Ni_3O_4 (2 分)
(6) $Ni^{2+} - e^- + 3OH^- = NiOOH + H_2O$ (2 分)

解析:废镍催化剂的主要成分是 Ni-Al 合金,还含有少量 Cr、Fe 及不溶于酸碱的有机物, $NaOH$ 碱浸溶解铝,灼烧除去有机物,有利于用硫酸和硝酸溶解,溶液中,所含金属离子 Cr^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Fe^{3+} 等,次氯酸钠氧化 Fe^{2+} ,调节 pH 生成 $Cr(OH)_3$ 、 $Fe(OH)_3$ 滤渣,加入 Na_2CO_3 生成 $NiCO_3$ 沉淀,一系列操作得到 Ni_xO_y ,据此解题。(1) $NaOH$ 碱浸溶解铝,所得“滤液 1”的主要溶质为 $NaOH$ 、 $NaAlO_2$;灼烧除去有机物,有利于用硫酸和硝酸溶解;(2)“溶解”后的溶液中,所含金属离子有 Cr^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Fe^{3+} ;(3)“分离除杂”中,次氯酸钠氧化 Fe^{2+} ,生成含铁滤渣 $Fe(OH)_3$ 的离子方程式为 $2Fe^{2+} + ClO^- + 5H_2O = 2Fe(OH)_3 \downarrow + Cl^- + 4H^+$;(4)为了提高产品纯度等,“煅烧” $NiCO_3$ 滤渣前需进行的两步操作是洗涤、干燥;(5)在空气中煅烧 $NiCO_3$, $300 \sim 400^\circ C$ $NiCO_3$ 转化为 Ni_2O_3 ,反应的化学方程式为 $4NiCO_3 + O_2 \xrightarrow{\Delta} 2Ni_2O_3 + 4CO_2$; $NiCO_3$ 的相对分子质量 119,1 mol $NiCO_3$ 质量 119 g, $400 \sim 450^\circ C$ 固体残留率 67.5%,则残留物质量 $119 g \times 67.5\% = 80.32 g$,其中 Ni 为 59 g,故含有 $(80.32 - 59)/16 \approx 4/3$ mol O,生成产物的化学式为 Ni_3O_4 ;(6) Ni^{2+} 在阳极上可沉淀出用作锌镍电池正极材料的 $NiOOH$,电极反应式为 $Ni^{2+} - e^- + 3OH^- = NiOOH + H_2O$ 。

27. (1) 恒压滴液漏斗或恒压分液漏斗 (1 分) $14H^+ + 6Cl^- + Cr_2O_7^{2-} = 2Cr^{3+} + 7H_2O + 3Cl_2 \uparrow$ (2 分) 加热条件下将 Ge 氧化为 $GeCl_4$ (1 分)
(2) 保证 HCl 氛围,防止 $GeCl_4$ 水解 (2 分)
(3) c (1 分) 收集冷却后的 $GeCl_4$ (1 分) C (1 分)
(4) $GeCl_4 + (n+2)H_2O \rightleftharpoons GeO_2 \cdot nH_2O \downarrow + 4HCl$ (2 分)
(5) 淀粉溶液 (1 分) $\frac{31.5c}{m}\%$ (2 分)

解析:以二氧化锗粗品(含 GeO_2 和 Ge 及少量无关杂质)为原料制备 $GeCl_4$,需要通入氯气氧化并加入浓盐酸抑制水解,产生的 $GeCl_4$ 气化后冷凝在 d 中得到 $GeCl_4$,据此解题。(1)仪器 a 的支管平衡压强使液体顺利流下,名称为恒压滴液漏斗或恒压分液漏斗;重铬酸钾氧化浓盐酸中氯离子,生成氯气反应: $14H^+ + 6Cl^- + Cr_2O_7^{2-} = 2Cr^{3+} + 7H_2O + 3Cl_2 \uparrow$;通入氯气的目的是加热条件下将 Ge 氧化为 $GeCl_4$;(2)盐酸保持较高浓度的原因为保证 HCl 氛围,防止 $GeCl_4$ 水解;(3)冷凝管中冷却水应从下口进入,上口流出;水槽中加入冰水混合物,

冷凝收集冷却后的 GeCl_4 ; GeCl_4 沸点: 86.6°C , 测量气体温度大约在 86.6°C , 本实验应可选用 $50^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$; (4) GeCl_4 与蒸馏水发生水解反应, 化学方程式为 $\text{GeCl}_4 + (n+2)\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{GeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} \downarrow + 4\text{HCl}$; (5) 根据信息: $3\text{Ge}^{2+} + \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ = 3\text{Ge}^{4+} + \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{IO}_3^- + 5\text{I}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 用 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KIO}_3$ 标准溶液滴定, 完成时会出现 I_2 , 故滴定指示剂为淀粉溶液; $\text{GeO}_2 \sim \text{Ge}^{2+} \sim 1/3 \text{ KIO}_3$, 样品纯度为 $\frac{c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V \times 10^{-3} \text{ L} \times 3 \times 105 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{m \text{ g}} \times 100\% = \frac{31.5 cV}{m} \%$ 。

28. (1) $-\frac{3}{2}a - 3b - \frac{1}{2}c$ (2分)

(2) ① 30% (2分) 0.57 (2分) ② 增大 CO 的物质的量 (2分)

(3) ① C (2分) ② 反应 I 的活化能小于反应 II 的活化能, 反应 I 的反应速率快于反应 II, 相同时间内获得的产物的浓度自然反应 I 比反应 II 多 (2分) 温度 590 K , $R=2.5$ (2分)

解析: (1) ① $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, ② $\text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{NaClO}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, ③ $4\text{Na}_2\text{FeO}_4(\text{aq}) + 10\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 4\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) + 8\text{NaOH}(\text{aq}) \quad \Delta H = c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 根据盖斯定律, $-1/2 \times ③ - ② \times 3 - ① \times 3/2$ 得 $2\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) + 3\text{NaClO}(\text{aq}) + 4\text{NaOH}(\text{aq}) = 2\text{Na}_2\text{FeO}_4(\text{aq}) + 3\text{NaCl}(\text{aq}) + 5\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta H = -3/2a - 3b - 1/2c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; (2) ① 反应进行到 15 s 时达到第一次平衡, CO 的平衡转化率为 $0.75 \text{ mol} / 2.5 \text{ mol} \times 100\% = 30\%$; 此时平衡体系内 CO 为 1.75 mol/L , Cl_2 为 0.75 mol/L , COCl_2 为 0.75 mol/L , 该反应的平衡常数 $K = c(\text{COCl}_2) / c(\text{CO})c(\text{Cl}_2) = 0.75 / 0.75 \times 1.75 \approx 0.57$; ② 在第 20 s 时, CO 的物质的量瞬间迅速增大, 然后平衡正向进行, 说明此时改变的条件是增大 CO 的物质的量; (3) ① 反应前后气体分子总数不变, 总物质的量不变, 利用相同条件下, 压强之比等于气体物质的量之比, 即气体压强始终保持不变, 压强不变不能说明该反应达到平衡, A 错误; 平衡常数只与温度有关, 温度不变平衡常数始终不变, 因此平衡常数不变不能说明反应达到平衡, B 错误; $v_{\text{正}}(\text{H}_2\text{S})$ 表示正反应速率, $v_{\text{逆}}(\text{HCl})$ 表示逆反应速率, 化学反应速率之比等于化学计量数之比, 因此 $v_{\text{正}}(\text{H}_2\text{S}) = v_{\text{逆}}(\text{HCl})$ 说明反应达到平衡, C 正确; 组分都是气体, 则气体总质量始终不变, 容器为恒容状态, 气体总体积保持不变, 根据密度的定义, 气体密度始终不变, 气体密度不变, 不能说明反应达到平衡, D 错误; ② $\text{C}_6\text{H}_5-\text{Cl}$ 由反应 I 生成, C_6H_6 由反应 II 生成, 图 2 显示温度较低时 $\text{C}_6\text{H}_5-\text{Cl}$ 浓度的增加程度大于 C_6H_6 , 说明反应 I 的活化能小于反应 II 的活化能, 反应 I 的反应速率快于反应 II, 相同时间内获得的产物的浓度自然反应 I 比反应 II 多; 根据图 2 和图 3 的数据信息, 该模拟工业生产制备 $\text{C}_6\text{H}_5-\text{Cl}$ 的适宜条件为温度 590 K , $R=2.5$ 。

35. (1) $3d^5 4s^2$ (2分)

(2) MnF_2 和 MnCl_2 均为离子化合物, F^- 的离子半径小于 Cl^- 的离子半径, MnF_2 的晶格能大于 MnCl_2 , 离子键更强, 晶体的熔沸点更高 (2分)

(3) ① $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]^{2+}$ (2分) ② 四面体形 (2分)

(4) AC (2分)

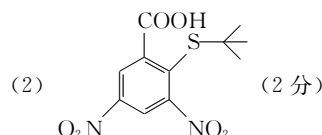
(5) ① $\text{YBa}_2\text{Fe}_3\text{O}_8$ (2分) ② 8 (2分) ③ 晶胞顶面和底面的面心位置 (1分)

解析: (1) Mn 原子核外有 25 个电子, 基态 Mn 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$, 价电子排布式为 $3d^5 4s^2$ 。

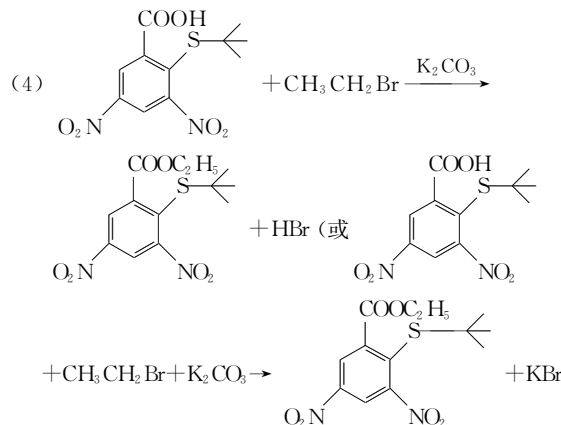
(2) MnF_2 和 MnCl_2 均为离子化合物, MnF_2 的熔点高于 MnCl_2 熔点的原因 MnF_2 和 MnCl_2 均为离子化合物, F^- 的离子半径小于 Cl^- 的离子半径, MnF_2 的晶格能大于 MnCl_2 , 离子键更强, 晶体的熔沸点更高。(3) ① 由相同物质的量的甲、乙、丙的水溶液中加入足量的 AgNO_3 溶液, 析出 AgCl 的物质的量之比为 $3:2:1$ 可知, 暗绿色配合物的 6 个配体为 1 个氯离子和 5 个水分子, 则暗绿色的配合物内界的化学式为 $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]^{2+}$; ② 水分子中氧原子的价层电子对数为 $2 + \frac{1}{2} \times (6 - 1 \times 2) = 4$, O 原子为 sp^3 杂化, 则水分子的 VSEPR 模型为四面体形。

(4) A. 酞菁钴中三种非金属原子为 C、N、H, 同周期自左而右电负性增大, 非金属性越强电负性越大, 故电负性 $\text{N} > \text{C} > \text{H}$, 故 A 正确; B. N 原子最外层有 5 个电子, 有 1 个孤电子对, 含有孤对电子的 N 原子与 Co 原子以配位键结合; 含有双键的 N 原子与 Co 原子形成的才是配位键; 形成 3 个单键的 N 原子与 Co 原子形成的是普通共价键; 所以与 Co 原子相连的 4 个 N 原子中只有 2 个 N 原子形成配位键, 故 B 错误; C. 根据分子结构简式, 碳碳双键和苯的结构都为平面形结构, 其中的碳原子和 N 原子的杂化轨道类型为 sp^2 , 故 C 正确; D. 同周期, 从左至右, 元素的原子半径逐渐减小, 元素的第一电离能逐渐增大, 但第 II A 族和第 V A 族的 p 轨道为全空和半满结构, 第一电离能反常, 大于相邻周期的元素, 所以第一电离能: $\text{N} > \text{O}$, 故 D 错误。(5) ① 如图是一种由 Y (与 Sc 同族)、Ba、Fe、O 组成的晶体, 晶胞棱上的球代表 Ba, 顶点的球代表 Y, 四方锥中心和八面体中心的球代表 Fe, 小球代表 O; 从晶胞可知, Y 位于顶点, 原子数为 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$; Ba 位于棱上, 原子数为 $\frac{1}{4} \times 8 = 2$; O 原子有 12 个位于面上, 2 个位于晶胞内, 原子数为 $\frac{1}{2} \times 12 + 2 = 8$; 3 个 Fe 原子位于晶胞内, 该晶体的化学式为 $\text{YBa}_2\text{Fe}_3\text{O}_8$; ② 从晶胞结构知 Y 位于晶胞棱柱顶点, 距离 Y 最近的原子共有 8 个, 即 Y 的配位数为 8; ③ 氧原子进入晶格而使晶体呈现深紫色, 新进入的氧原子在晶胞中的位置是晶胞顶面和底面的面心位置。

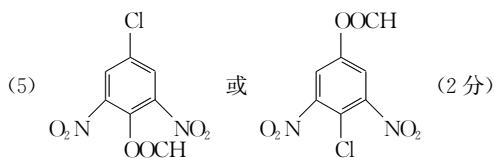
36. (1) 红外光谱 (2分) 羧基、硝基、氯原子 (或碳氯键) (3分)



(3) 取代反应 (2分) 还原反应 (2分)



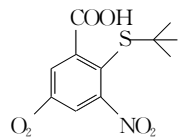
+KHC₃O)(2分)



解析:(1)可以通过红外光谱快速测定有机物分子所含有的官能团种类。A中所含官能团的名称为羧基、硝基、氯原子(或碳氯键);

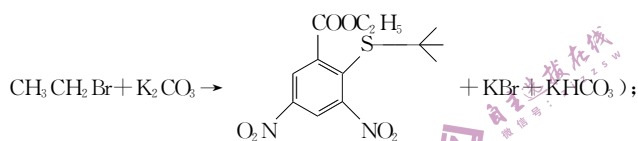
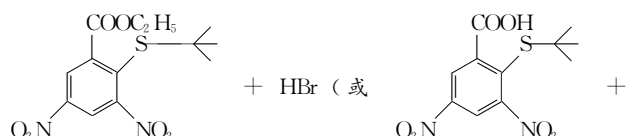
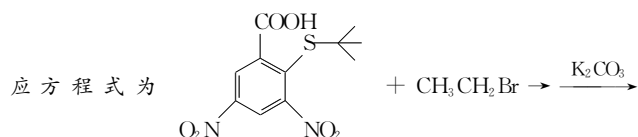
(2)对比A、C的结构和A到B的反应所加试剂可知,A生成B是

—S— 取代 —Cl 的反应,则B的结构简式为

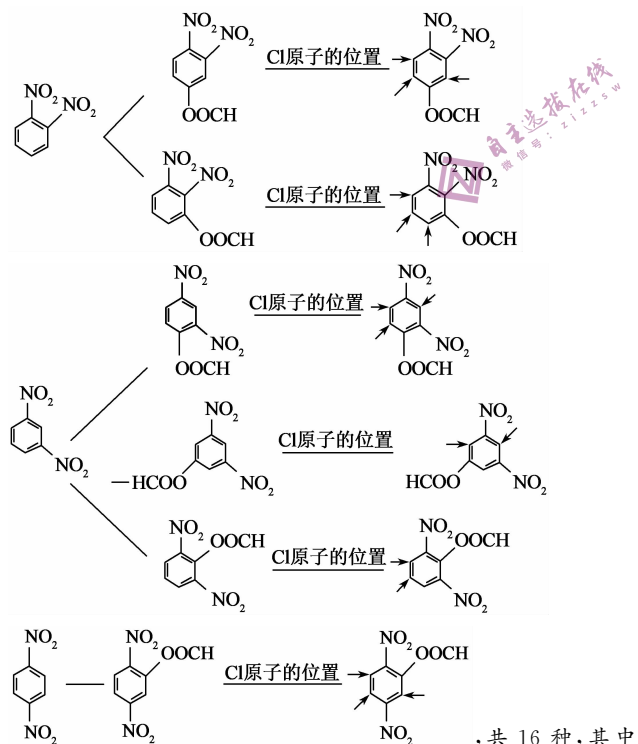


; (3)反应A→B是取代反应;C→D,硝基转化

为氨基,则C→D的化学反应类型为还原反应;(4)B→C的化学反

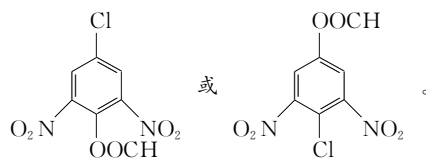


(5)根据题意可知A的同分异构体中含有苯环、—OOCH、—NO₂、—Cl等结构,可以先分析两个—NO₂结构在苯环的邻间对三个位置,再利用等效氢法依次在苯环上连接—Cl和—OOCH结构。



,共16种,其中

核磁共振氢谱中有两组峰 of 的分子结构简式为



物理部分

14. D 阴极射线的存在说明原子是可分的,选项A错误;光电效应证明了光具有粒子性,选项B错误;原子的核式结构模型可以解释α粒子散射实验结果,选项C错误; $^{235}_{92}\text{U}$ 裂变是放能反应,所以产生的新核的比结合能比 $^{235}_{92}\text{U}$ 的比结合能大,选项D正确。

15. A 对小球整体处于平衡状态,受力分析得,沿筒方向受力平衡有 $mg\sin\theta = \Delta F = 2kR$,解得 $k = \frac{mg\sin\theta}{2R}$,故选项A正确。

16. B 在AB绳绷直前AB绳上弹力为零,OA绳上拉力大小为 F_{OA} ,设OA绳与竖直杆间的夹角为 θ ,有 $F_{OA}\sin\theta = m \cdot l \cdot \omega^2 \sin\theta$,解得 $F_{OA} = m \cdot l \cdot \omega^2$,当AB绳恰好绷直时,OA绳与竖直杆间的夹角为 30° ,有 $mg \cdot \tan 30^\circ = m \cdot l \cdot \omega^2 \cdot \sin 30^\circ$,解得 $\omega^2 = \frac{2\sqrt{3}g}{3l}$,当 $\omega^2 > \frac{2\sqrt{3}g}{3l}$ 时,竖直方向有

$F_{OA}\cos 30^\circ = mg$,解得 $F_{OA} = \frac{2\sqrt{3}}{3}mg$,水平方向有

$F_{OA}\sin 30^\circ + F_{AB} = m \cdot l \cdot \omega^2 \cdot \sin 30^\circ$,解得 $F_{AB} = \frac{1}{2}m \cdot l$

$\cdot \omega^2 - \frac{\sqrt{3}}{3}mg$,综上所述可知: F_{OA} 先与角速度平方成正比,后保持

不变; F_{AB} 开始为零,当角速度平方增大到一定值后与角速度平方成一次增函数关系,故选项B正确。

17. B 在 $t=0$ 时刻磁通量最大,感应电流为0,开始转动以后磁通量减小,根据楞次定律可知导线框内感应电流的方向沿 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$,所以选项D错误;当 $t = \frac{\pi}{2\omega}$ 时,电动势

的最大值为 $E_{1m} = 5BL^2\omega$,根据欧姆定律得最大电流值 $I_{1m} = \frac{5BL^2\omega}{R}$,但感应电动势会发生突变,电动势的最大值

突变为 $E_{2m} = 4BL^2\omega$,根据欧姆定律得最大电流值 $I_{2m} = \frac{4BL^2\omega}{R}$,所以只有选项B正确。

18. AC 由于球壳内部的场强为零,补全以后可知在右侧球壳任取一点,该点和C连线后过左半球壳一点,两点对C的库仑力为零,即等大反向共线,将左侧沿竖直对称到右侧球面,则可知这两个点在C点的合场强水平向左,根据叠加原理可知C点场强向左,同理OC上都是水平向左,因此OC是等势线,选项A正确;将题中半球壳补成一个完整的球壳,且带电均匀,设左、右半球在A点产生电场强度大小分别为 E_1 和 E_2 ,由题知,均匀带电球壳内部电场强度处处为零,则知 $E_1 = E_2$,根据对称性,左右半球在B点产生的电场强度大小分别 E_1 和 E_2 ,且 $E_1 = E_2$,在图示电场中,A的电场强度大小为 E_2 ,方向向左,B的电场强度大小为 E_1 ,方向向左,所以A点的电场强度与B点的电场强度相同,沿直线从A到B电场强度不可能逐渐增大,选项BD错误;根据电场的叠加原理可知,在AB连线上电场线方向向左,沿着电场线方向电势逐渐降低,则沿直线从A到B电势升高,选项C正确。

19. AD 由到 C 点恰好停下,在 AC 段力 F 做的功等于克服摩擦力做的功 $\frac{\mu_0 mg x_0}{2}$, 根据动能定理得: $F \cdot 2x_0 - \frac{1}{2} \mu_0 mg x_0 = 0$, 解得: $F = \frac{1}{4} \mu_0 mg$, 所以选项 A 正确; 力 F 在 AB、BC 两段做的功相同, 选项 B 错误; 小物体在 AB 段做匀加速直线运动, 在 BC 段先做加速度减小的加速运动再做加速度增加的减速运动, 故 AB 段运动的时间大于在 BC 段运动的时间, 水平恒力 F 在 AB 段的平均功率小于 BC 段的平均功率, 选项 C 错误; 小物体在 AB 段中间时刻的瞬时速度小于在 BC 段中间时刻的瞬时速度, 故水平恒力 F 在 AB 段中间时刻瞬时功率小于在 BC 段中间时刻瞬时功率, 故选项 D 正确。

20. AB 小圆环运动到 B 点时, 小环受到竖直向下的重力, 水平向右的拉力和圆环对小环向左的支持力, 因为运动到 B 点时速度恰好为零, 小球的合力为竖直方向的重力, 根据牛顿第二定律可知 $mg = ma$, 解得 $a = g$, 选项 A 正确; 小环和物块组成的系统, 在运动过程中, 由于忽略一切摩擦力, 故只有重力做功, 机械能守恒, 当小环到达 B 点时, 速度都为零, 此后小环沿圆轨道向下运动, 机械能还是守恒, 最终小环和物块速度都减到零, 故圆环到达 B 点后还能再次滑回 A 点, 选项 B 正确; 小环在 P 点时, 小环的速度方向沿绳的方向, 根据速度的合成与分解可知, 此时小圆环和物块的速度之比为 1:1, 选项 C 错误; 设轻滑轮的位置为 C, 由几何关系可知 $OC = 2R$, $AC = \sqrt{5}R$, 在运动过程中, 对环和物块组成的系统, 根据动能定理可知 $-mgR - MgR(\sqrt{5} - 1) \sin 30^\circ = 0 - 0$, 解得 $\frac{m}{M} = \frac{\sqrt{5} - 1}{2}$, 选项 D 错误。

21. BC 直线三星系统中甲星和丙星的线速度大小相等, 方向相反, 选项 A 错误; 直线三星系统中, 对甲星有 $G \frac{M^2}{R^2} + G \frac{M^2}{(2R)^2} = M \frac{4\pi^2}{T^2} R$, 解得 $T = 4\pi R \sqrt{\frac{R}{5GM}}$, 选项 B 正确; 对三角形三星系统中任一颗星, 根据万有引力定律和牛顿第二定律得 $2G \frac{M^2}{L^2} \cos 30^\circ = M \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \frac{L}{2 \cos 30^\circ}$, 又由题知两种系统的运动周期相同, 即 $T = 4\pi R \sqrt{\frac{R}{5GM}}$, 联立解得 $L = \sqrt{\frac{12}{5}} R$, 选项 C 正确; 三角形三星系统的线速度大小为 $v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi(\frac{L}{2 \cos 30^\circ})}{T} = \frac{\sqrt{3}}{6} \cdot \sqrt{\frac{12}{5}} \cdot \sqrt{\frac{5GM}{R}}$, 选项 D 错误。

22. (1) AB (2 分)

(2) 0.75 (2 分)

(3) 0.67 (2 分)

解析: (1) 安装实验器材时, 要调节滑轮的高度, 使细线与长木板平行, 这样才能保证拉力方向与运动方向一致, 选项 A 正确; 平衡摩擦力时要撤去砂桶, 让小车连着已经穿过打点计时器的纸带, 轻推小车, 从打出的纸带相邻计时点间隔是否均匀来判断小车是否做匀速运动, 选项 B 正确; 由于有拉力传感器, 所以不用保证砂和砂桶的总质量 m 远小于小车的总质量 M , 选项 C 错误; 实验中有两根绳子, 所以小车受到的合外力

为拉力传感器示数的 2 倍, 选项 D 错误。 (2) 纸带上相邻的两个计数点之间还有 4 个计时点没有画出, 已知打点计时器的打点频率为 50 Hz, 相邻计数点间的时间间隔 $t = 0.1$ s, 由逐差法可知, 小车的加速度 $a = \frac{x_{CF} - x_{AC}}{9t^2} = \frac{(19.65 - 6.45 - 6.45) \times 10^{-2}}{9 \times 0.1^2} \text{ m/s}^2 = 0.75 \text{ m/s}^2$ 。 (3) 对小车,

由牛顿第二定律得 $2F - f = Ma$, 整理得 $a = \frac{2}{M} \cdot F - \frac{f}{M}$, 由题图丙得 $k = \frac{2}{M} = 3$, 解得 $M \approx 0.67 \text{ kg}$ 。

23. (1) 1 k (2 分)

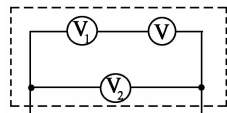
(2) 电路图如图所示 (2 分)

(3) 标准电压表 V_1 的示数 U_1 , 标准电压表 V_2 的示数 U_2 (1 分)

$$U = \frac{N}{n} (U_2 - U_1) \quad (2 \text{ 分})$$

$$r = \frac{N(U_2 - U_1)}{nU_1} r_1 \quad (2 \text{ 分})$$

解析: (1) 多用表测电阻时, 应尽量使指针指向中央附近, 所以欧姆挡的倍率应选 “ $\times 1 \text{ k}$ ”。 (2) 因为电压表内阻较大, 可将标准电压表做电流表使用,



故电路如图所示。 (3) 调节滑动变阻器, 让待测电压表 V 的指针恰好偏转 n 格, 记录标准电压表 V_1 的示数 U_1 和标准电压表 V_2 的示数 U_2 , 假设待测电压表 V 的量程为 U , 则有 $U_2 - U_1 = \frac{n}{N} U$, 解得 $U = \frac{N}{n} (U_2 - U_1)$; 因为 $\frac{U}{r} = \frac{U_1}{r_1}$, 解得 $r = \frac{N(U_2 - U_1)}{nU_1} r_1$ 。

24. (1) 当实验车的速度为零时, 线框相对于磁场的速度大小为 v_0 , 线框中左右两边都切割磁感线, 产生感应电动势, 则有: $E = 2BLv_0$ (1 分)

$$I = \frac{E}{R} \quad (1 \text{ 分})$$

$$F = 2BLI \quad (1 \text{ 分})$$

所以此时金属框受到的磁场力的大小:

$$F = 2B \cdot \frac{2BLv_0}{R} L = \frac{4B^2 L^2 v_0}{R} \quad (2 \text{ 分})$$

代入数值解得: $F = 1 \text{ N}$ (2 分)

根据楞次定律可判断磁场力方向水平向右。 (1 分)

(2) 实验车最大速率为 v_m 时相对磁场的切割速率为 $(v_0 - v_m)$, 则此时线框所受的磁场力大小为

$$F = \frac{4B^2 L^2 (v_0 - v_m)}{R} \quad (2 \text{ 分})$$

此时线框所受的磁场力与阻力平衡, 得 $F = f$ (2 分)

$$\text{所以 } v_m = v_0 - \frac{Rf}{4B^2 L^2} = 8 \text{ m/s} \quad (2 \text{ 分})$$

25. (1) 设滑块 P 与 Q 碰撞前瞬时速度的大小为 v_{PD} , 碰撞后 Q 的速度为 v_{QD} , 则根据动能定理可得:

$$mgh - \mu mgl = \frac{1}{2} m v_{PD}^2 - 0 \quad (1 \text{ 分})$$

P 与 Q 弹性碰撞, 所以有:

$$m \cdot v_{PD} = m v_{PD}' + m v_{QD}, \quad (2 \text{ 分})$$

$$\frac{1}{2} m v_{PD}^2 = \frac{1}{2} m v_{PD}'^2 + \frac{1}{2} m v_{QD}^2 \quad (1 \text{ 分})$$

解得: $v_{QD} = v_{PD}$ (1 分)

增加的压力 $\Delta N = 2mg = m \frac{v_{QD}^2}{R}$ (1分)

解得: $\mu = 0.5$ (1分)

(2) 设滑块 P 与 Q 碰撞前瞬间速度的大小为 v_{PD} , 则根据动能定理得:

$$kmgh - \mu kmg l = \frac{1}{2} kmv_{PD}^2 - 0 \quad (1 \text{ 分})$$

PQ 碰撞为弹性碰撞, 设碰撞后的速度分别为 v_1 和 v_2 , 以向右为正方向, 根据动量守恒和能量守恒定律可得:

$$kmv_{PD} = kmv_1 + mv_2, \quad (2 \text{ 分})$$

$$\frac{1}{2} kmv_{PD}^2 = \frac{1}{2} kmv_1^2 + \frac{1}{2} mv_2^2, \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } v_2 = \frac{2k}{1+k} \sqrt{2gR} \quad (1 \text{ 分})$$

不脱离圆弧轨道的条件有两种情形有:

情形一: 不过圆心等高处, $\frac{1}{2} mv_2^2 \leq mgR$, (1分)

解得: $k \leq 1$ (1分)

情形二: 对 Q 从 D 点到 E 点过程, 由机械能守恒定律得:

$$\frac{1}{2} mv_2^2 = \frac{1}{2} mv_3^2 + 2mgR \quad (1 \text{ 分})$$

对 Q 球在 E 点, 由牛顿第二定律得: $mg \leq m \frac{v_3^2}{R}$ (1分)

$$\text{解得: } k \geq \frac{5+2\sqrt{10}}{3} \quad (1 \text{ 分})$$

所以满足 $k \leq 1$ 或 $k \geq \frac{5+2\sqrt{10}}{3}$ (1分)

33. (1) ACE (5分) 一定量的气体, 体积不变, 温度降低, 分子平均动能减少, 则分子平均碰撞频次减小, 故 A 正确; 一定量的气体, 气体膨胀, 由于分子间的作用力表现为引力, 所以分子力做负功, 势能增加, 故 B 错误; 一定量的干冰, 升华成同温度的二氧化碳, 要吸收热量, 由于分子动能不变, 则其分子之间的势能增加, 故 C 正确; 做功和热传递都可以改变物体的内能, 物体吸收了热量, 其内能不一定增加, 还与做功情况有关, 故 D 错误; 根据热力学第二定律知, 在外界的影响下, 物体从单一热源吸收的热量可以全部用于做功, 故 E 正确。

(2) ①以气体为研究对象, 由于压强不变, 根据盖-吕萨克定律, 有

$$\frac{V_P}{T_P} = \frac{V_Q}{T_A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } V_Q = 6 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \quad (1 \text{ 分})$$

②由气体的内能与热力学温度成正比 $\frac{U_P}{U_Q} = \frac{T_P}{T_Q}$ (1分)

$$\text{解得 } U_Q = 108 \text{ J} \quad (1 \text{ 分})$$

活塞从 P 位置缓慢移到 Q 位置, 活塞受力平衡, 气体为等压变化, 以活塞为研究对象有

$$pS = p_0 S + mg \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } p = p_0 + \frac{mg}{S} = 1.2 \times 10^5 \text{ Pa} \quad (1 \text{ 分})$$

外界对气体做功

$$W = -p(V_Q - V_P) = -24 \text{ J} \quad (1 \text{ 分})$$

由热力学第一定律 $U_Q - U_P = Q + W$ (1分)

得气体吸收的总热量为 $Q = 60 \text{ J}$. (1分)

34. (1) 加强 (3分) 减弱 (2分)

解析: 题图甲中两手开始振动时的方向相同, 则题图甲中分叉点是振动加强的位置; 题图乙中两手开始振动时的方

向恰好相反, 则题图乙中分叉点是振动减弱的位置。

(2) ①光线在玻璃中传播的速度为 $v = \frac{c}{n} = \frac{c}{\sqrt{2}}$ (1分)

光线在玻璃中传播的最短时间为

$$t = \frac{R' - R}{v} = \frac{(2 - \sqrt{2})R}{c} \quad (2 \text{ 分})$$

②设光线 $a'a$ 射入外球面, 沿 ab 方向射向内球面, 刚好发生全反射, 则有:

$$\sin C = \frac{1}{n},$$

可得 $C = 45^\circ$ (1分)

在 $\triangle Oab$ 中, $Oa = \sqrt{2}R$, $Ob = R$

由正弦定理得:

$$\frac{\sin(180^\circ - C)}{\sqrt{2}R} = \frac{\sin r}{R} \quad (1 \text{ 分})$$

解得: $r = 30^\circ$ (1分)

$$\text{由 } n = \frac{\sin i}{\sin r}, \quad (1 \text{ 分})$$

解得 $i = 45^\circ$ (1分)

又因为 $\angle O'a = i$, $\angle \theta = C - r = 45^\circ - 30^\circ = 15^\circ$, 所以 $\angle O'Ob = i + \theta = 45^\circ + 15^\circ = 60^\circ$ (1分)

当射向外球面的入射光线的入射角小于 $i = 45^\circ$ 时, 这些光线都会射出内球面. 因此, 以 OO' 为中心线, 上、下(左、右)各 60° 的圆锥球壳内均有光线射出. 球壳内部有光线射出的圆弧区域所对应的圆心角为 120° (1分)

