

第四单元 太阳能、生物质能和氢能的利用

1. 知道太阳能、生物质能、氢能的利用。
2. 认识开发利用清洁高效新能源的重要意义。

学习目标

核心素养

科学态度与社会责任:了解化石燃料带来的污染问题，认识开发利用清洁能源的重要性。

新知导学

启迪思维 探究规律

一、太阳能的利用

1. 能源与太阳能

能源是人类生活和社会发展的基础。地球上最基本的能源是太阳能。

2. 太阳能利用的能量转化方式

被吸收的太阳能 $\xrightarrow[(1)]{\text{化学反应}}$ 化学能 $\xrightarrow[(2)]{\text{化学反应}}$ 热能、光能或电能

(1)太阳能转化为化学能

①物质转化:

在太阳光作用下，植物体内的叶绿素把水、二氧化碳转化为葡萄糖，进而生成淀粉、纤维素。

②化学反应： $6\text{CO}_2+6\text{H}_2\text{O}\xrightarrow[\text{叶绿素}]{\text{光}}\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6+6\text{O}_2$ 。

③能量转化：光能 \longrightarrow 化学能。

(2)化学能转化为热能

①物质转化:

动物摄入体内的淀粉、纤维素能水解转化为葡萄糖，其氧化生成二氧化碳和水，释放出热量，供给生命活动的需要。

②化学反应： $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n+n\text{H}_2\text{O}\xrightarrow{\text{催化剂}}n\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ；

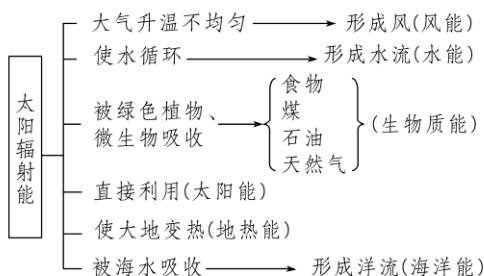
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6+6\text{O}_2\longrightarrow 6\text{H}_2\text{O}+6\text{CO}_2$ 。

③能量转化：化学能 \longrightarrow 热能。

3. 太阳能的利用

| | 实例 | 能量转化方式 |
|------|--------|---------------------|
| 直接利用 | 光合作用 | 光能转化为 <u>化学能</u> |
| | 太阳能热水器 | 光能转化为 <u>热能</u> |
| | 太阳能电池 | 光能转化为 <u>电能</u> |
| | 光解水制氢气 | 光能转化为 <u>化学能</u> |
| 间接利用 | 化石燃料 | 太阳能间接转化为 <u>化学能</u> |

太阳能与其他能源的关系



【例 1】 (2018·宁波市期中)人类将在未来几十年内逐渐由“碳素燃料文明时代”过渡至“太阳能文明时代”(包括风能、生物质能等太阳能的转换形态),届时人们将适应“低碳经济”和“低碳生活”。下列说法不正确的是()

- A. 煤、石油和天然气都属于碳素燃料
- B. 发展太阳能经济有助于减缓温室效应
- C. 太阳能电池可将太阳能直接转化为电能
- D. 目前研究菠菜蛋白质“发电”不属于太阳能文明

答案 D

【例 2】 下列属于直接利用太阳辐射能的方式是()

- ①光—热转换 ②光—电转换 ③光—化学能转换 ④光—生物质能转换
- A. ①②③
- B. ②③④
- C. ①③④
- D. ①②③④

答案 D

二、生物质能的利用

1. 生物质包括农业废弃物、水生植物、油料植物、城市与工业有机废弃物和动物粪便等。

2. 生物质能的来源:植物及其加工产品所贮存的能量。

3. 生物质能的利用方式:

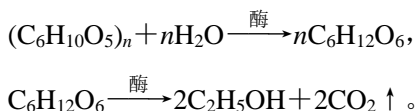
(1)直接燃烧:植物枝叶的燃烧反应可表示为(以纤维素代表枝叶的主要成分) $(C_6H_{10}O_5)_n + 6nO_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 6nCO_2 + 5nH_2O$ 。

(2)生物化学转换:

①用植物的秸秆、枝叶、杂草和人畜粪便等制取沼气,其主要成分是 CH₄;同时提供优良的肥料。

②用含糖类、淀粉较多的农作物为原料制取乙醇。反应为:

(C₆H₁₀O₅)_n + nH₂O $\xrightarrow{\text{酶}}$ nC₆H₁₂O₆,



(3)热化学转换：使生物质在一定条件下发生化学反应，产生热值较高的可燃气体。

■ 归纳总结 ■

| 生物质能的利用 | |
|---------|------------------------------------|
| 利用方式 | 优缺点 |
| 直接燃烧 | 利用效率低，影响生态环境 |
| 生物化学转换 | 有效利用生物质能，还能提供优良肥料等；燃烧特性好，有益于保护生态环境 |
| 热化学转换 | 功耗少、转化率高、较易工业化 |

【例 3】 下列有关生物质能的说法不正确的是()

- A. 生物质能是可再生能源
- B. 生物质能来源于太阳能
- C. 焚烧生活垃圾发电是将生物质能直接转化为电能
- D. 玉米、高粱发酵制乙醇是生物质能转化为化学能

答案 C

解析 生物质能来源于植物及其加工产品所贮存的能量，生物质能最终利用的结果：除释放能量外，产生无污染的 CO₂ 和 H₂O，通过植物的光合作用，重新将太阳能转化为生物质能，因此生物质能是可再生的新能源，A 正确；光—生物质能的转化本质是光—化学能的转换，B 正确；焚烧生活垃圾发电的能量转化过程是：生物质能→热能→电能，C 不正确；含淀粉较高的农作物发酵制燃料乙醇是生物质能转化为化学能，D 正确。

【例 4】 下列对于城市废弃物中生物质能的利用不合理的是()

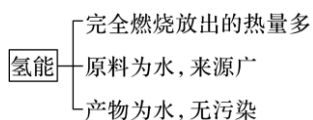
- A. 把废弃物拉到乡下找个地方埋掉
- B. 对废弃物进行处理后焚烧，利用产生的热能供热和发电
- C. 把废弃物进行生物化学转化获取甲烷
- D. 让废弃物在一定条件下发生化学反应，产生热值较高的可燃性气体

答案 A

解析 城市废弃物中含有丰富的生物质能，埋掉是一种资源浪费，故 A 不合理；处理后焚烧利用产生的热能供热和发电，故 B 合理；将废物进行生物化学转化获取甲烷、可燃性气体均合理，故 C、D 合理。

三、氢能的开发和利用

1. 能源特点



2. 氢能开发利用的困难与解决方法

(1)困难: 能耗高、储存和运输困难等。

(2)方法:

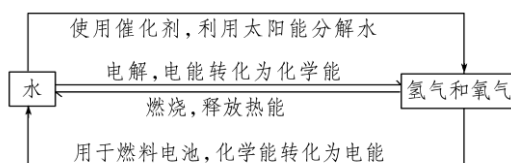
①在光分解催化剂存在条件下, 在特定的装置中, 利用太阳能分解水制氢气。

②利用蓝绿藻等低等植物和微生物在阳光作用下分解水释放出氢气。

③发现和应用贮氢材料, 解决氢气的储存和运输问题。

■ 归纳总结 ■

氢能的产生和利用途径



【例 5】(2018·金华、温州、台州三市联考)氢能是一种理想的“绿色能源”, 以下有关氢能开发的方式中最理想的是()

- A. 大量建设水电站, 用电力分解水制取氢气
- B. 利用化石燃料燃烧放热, 使水高温分解产生氢气
- C. 在催化剂作用下, 利用太阳能分解水制取氢气
- D. 利用铁等金属与酸反应产生氢气

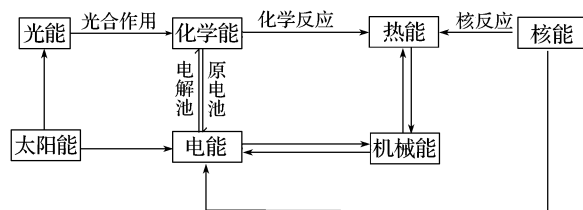
答案 C

解析 消耗大量的电能, A 错误; 产生大量污染物, 且造成能量的浪费, B 错误; 太阳能无污染, 且取之不尽用之不竭, C 正确; 消耗大量的金属, D 错误。

思维启迪——能源的分类



● 学习小结



达标检测

检测评价 达标过关

1. 下列对能源的看法不合理的是()

- A. 风能是人类通过风车等工具获取的能源，但属于一次能源
- B. 生物质能是一种可再生能源，有广泛的应用前景
- C. 太阳能、氢能、核能、地热能都属于新能源
- D. 化石燃料与人类生活密切相关，要多开采，多使用

答案 D

解析 风能可以直接从自然界获得并加以利用，属于一次能源，A 正确；生物质能是自然界有生命的植物提供的，这些植物以生物质作为介质储存太阳能，属于再生能源，B 正确；核能、太阳能、氢能、地热能都是洁净能源，是未来发展的新能源，C 正确；化石燃料的贮量有限，是不可再生能源，故要节约、高效使用，避免资源枯竭，D 错误。

2. “绿色化学”要求从根本上减少乃至杜绝污染。下列对农作物收割后留下的茎秆的处理方法中，不符合“绿色化学”的是()

- A. 就地焚烧
- B. 发酵后作农家肥
- C. 加工成精饲料
- D. 制造沼气

答案 A

解析 就地焚烧会产生大量烟尘、含硫化合物造成雾霾等污染。

3. 下列过程中的能量转化，属于太阳能转化为生物质能的是()

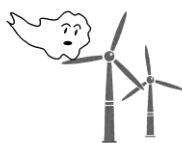
- A. 石油燃烧
- B. 植物的光合作用
- C. 核电站发电
- D. 太阳能电池供电

答案 B

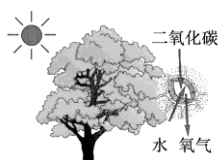
4. (2019·余姚中学质检)下列能量转化过程中，由光能转变为化学能的是()



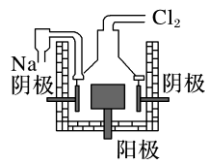
A. 光伏发电



B. 风力发电



C. 光合作用



D. 电解制钠

答案 C

解析 光伏发电是太阳能转化为电能，A 错误；风力发电是风能转化为电能，B 错误；光合作用是由光能转变为化学能，C 正确；电解制钠是电能转化为化学能，D 错误。

5. 下列有关能源和能量转换的叙述正确的是()

- A. 推广使用太阳能、风能、海洋能、氢能，有利于缓解温室效应
- B. 乙醇和汽油都是可再生能源，应大力推广“乙醇汽油”
- C. 普通锌锰干电池不含环境污染物，用完后可以随意扔掉，使用方便
- D. 燃料电池是利用燃料燃烧，将化学能转化为热能，然后再转化为电能的化学电源

答案 A

解析 汽油是不可再生能源；废旧电池会造成土壤污染、水污染等环境问题；原电池是把化学能转化为电能的装置。

课时对点练

注重双基 强化落实

对点训练

题组一 太阳能的利用

1. 下列有关太阳能的利用方式以及列举的实例错误的是()

- A. 太阳能电池是一种光—电转换形式
- B. 太阳能热水器是一种光—热转换形式
- C. 绿色植物进行的光合作用，是一种光—生物质能转换，它的本质是光—化学能转换
- D. 风能是空气流动形成的，与太阳能无关

答案 D

解析 光—电转换、光—热转换、光—化学能转换和光—生物质能转换是太阳能利用的基本方式。它们都是把光能转换成其他形式的能量的过程。风能形成的本质原因是太阳辐射使空气受热不均造成的，D 项错误。

2. 有专家指出，如果对燃烧产物如二氧化碳、水、氮气等利用太阳能使它们重新组合，使之能够实现，可以节约燃料，缓解能源危机。在此构想的物质循环中太阳能最终转化为()



解析 由图可以知道, 太阳能首先转化为化学能(燃料合成过程), 其次化学能转化为热能(燃料燃烧放出热量); B 正确。

3. 太阳能的开发和利用是 21 世纪一个重要课题。利用储能介质储存太阳能的原理是：白天在太阳照射下某种盐熔化，吸收热量，晚间熔盐固化释放出相应的能量，已知数据：

| 盐 | 熔点(℃) | 熔化吸热 (kJ·mol ⁻¹) | 参考价格 (元·t ⁻¹) |
|--|-------|---------------------------------|------------------------------|
| CaCl ₂ ·6H ₂ O | 29.9 | 37.3 | 780~850 |
| Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O | 32.4 | 77.0 | 800~900 |
| Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O | 35.1 | 100.1 | 1 600~2 000 |
| Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O | 45.0 | 49.7 | 1 400~1 800 |

A. $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
B. $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
C. $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
D. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

解析 适宜作为储能介质的物质，应具有熔点较低，熔化时吸热量较大，价格较低等特点， $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 最适合。

4. 生物质能是绿色植物通过叶绿素将太阳能固化为化学能而贮存在生物质内部的能量,一直是人类赖以生存的重要能源。下列有关说法不正确的是()

- 答案 C

解析 电解海水可制得 H_2 ，但成本高，不能大量推广使用。

5. 能源与人类的和社会生活密切相关。下列关于能源开发和利用的说法正确的是()

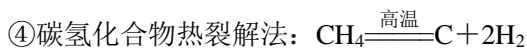
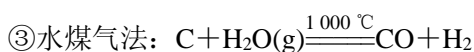
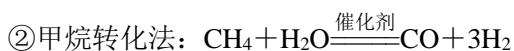
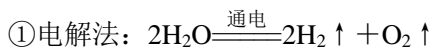
- A. 用粮食发酵得到酒精代替汽油作汽车燃料
- B. 随着科技的发展，氢气将会成为主要能源
- C. 在农村不提倡利用沼气作生活燃料
- D. 人类利用的能源都是通过化学反应获得的

答案 B

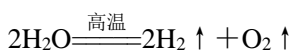
解析 用粮食发酵得到酒精会消耗大量粮食，不符合我国粮食安全的国情，A 错；在农村提倡利用沼气作生活燃料，C 错；人类利用的能源有的是通过化学反应获得的，有的是自然界提供的，如水能、风能等，D 错。

题组三 氢能的开发与利用

6. 氢气是一种高效而无污染的理想能源。下列①~⑥是某化学兴趣小组的学生查阅资料归纳出的工业上制取氢气的方法，其中包括正在研究的方案：



⑤设法将太阳光聚集产生高温使水分解：



⑥寻找高效催化剂使水分解产生 H_2

如果将来人类广泛使用 H_2 作为能源，你认为可行且有发展前途的方法是()

- A. ①⑤⑥
- B. ⑤⑥
- C. ③⑥
- D. ④⑤⑥

答案 B

解析 甲烷转化法、水煤气法、碳氢化合物热裂解法都需要消耗传统的能源，电解法耗能大，制取的成本高，这些都不适合作为未来工业上制取氢气的方法。太阳能能量巨大、时间长久、清洁安全，所以可以研究利用太阳能分解水制氢气；催化剂可以大大加快反应速率，所以可以研究高效催化剂，使水在比较低的温度下分解生成氢气，降低反应的耗能。

7. 科学家最近研究出一种环保、安全的储氢方法，其原理可表示为 $\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{释氢}]{\text{储氢}} \text{HCOONa} + \text{H}_2\text{O}$ 。下列有关说法正确的是()

- A. 储氢、释氢过程均无能量变化
- B. 储氢过程中, NaHCO_3 被氧化
- C. NaHCO_3 、 HCOONa 均含有离子键和共价键
- D. 释氢过程中, 每消耗 $0.1 \text{ mol H}_2\text{O}$ 放出 2.24 L 的 H_2

答案 C

解析 储氢、释氢过程均存在能量变化, A 不正确; 储氢过程中, NaHCO_3 被 H_2 还原, B 不正确; NaHCO_3 中 Na^+ 与 HCO_3^- 之间存在离子键, HCO_3^- 中存在共价键, HCOONa 中 Na^+ 与 HCOO^- 之间存在离子键, HCOO^- 中存在共价键, C 正确; 释氢过程中, 每消耗 $0.1 \text{ mol H}_2\text{O}$ 放出 0.1 mol H_2 , 但没说明状态, 无法知道其体积, D 不正确。

题组四 能源的转化与利用

8. (2018·金华、温州、台州联考)下列说法中, 不正确的是()

- A. 光合作用是将光能转化为化学能的有效途径
- B. 煤、石油、天然气都是可再生的化石燃料
- C. 用植物秸秆制沼气是有效利用生物质能的方式之一
- D. 开发氢能、太阳能、风能、生物质能等是实现“低碳生活”的有效途径

答案 B

解析 光合作用是 CO_2 和 H_2O 在太阳能的作用下, 合成葡萄糖或淀粉, 把光能转化成化学能的过程, 是有效途径, A 正确; 煤、石油、天然气属于化石燃料, 非再生能源, B 错误; 植物秸秆利用微生物的发酵得到沼气, C 正确; 这些都是清洁能源, 对环境无危害, D 正确。

9. (2018·嘉兴期末)下列对于太阳能、生物质能和氢能的利用说法不正确的是()

- A. 芒硝晶体($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)白天在阳光下曝晒后失水、分解吸热, 夜里重新结晶放热, 实现了太阳能转化为化学能继而转化为热能
- B. 将植物的秸秆、枝叶、杂草和人畜粪便加入沼气发酵池中, 在富氧条件下, 经过缓慢、复杂、充分的氧化反应最终生成沼气, 从而有效利用生物质能
- C. 生活、生产中大量应用氢能源, 首先要解决由水制备氢气的能耗、氢气的贮存和运输等问题
- D. 垃圾焚烧处理厂把大量生活垃圾中的生物质能转化为热能、电能, 减轻了垃圾占地给城市造成的压力, 改善了城市的环境

答案 B

解析 芒硝在白天光照下失水, 是太阳能转化为化学能, 晚上重新结晶放热, 是化学能转化成热能, A 正确; 生物质能就是太阳能以化学能形式贮存在生物质中的能量形式, 即以生物

质为载体的能量，将植物的秸秆、枝叶、杂草和人畜粪便加入沼气发酵池中，在厌氧条件下进行，B 错误；氢能源开发利用过程中需要解决的课题是由水制备氢气的能耗和氢气的贮存运输问题，C 正确；利用垃圾发电可将生活垃圾中的生物质能转化为热能、电能等，D 正确。

10. (2018·嘉兴市第一中学高一下学期期中)下列有关说法正确的是()

- A. 生物质隔绝空气高温加热，通过热化学转换可产生可燃性气体
- B. 光—电转换是太阳能的利用途径之一，该途径必然发生化学反应
- C. 开发太阳能、氢能、核能、天然气等新能源可以减少雾霾的产生
- D. 科学家正在研究使用高效催化剂，使水分解产生氢气，同时释放能量

答案 A

解析 植物秸秆生成沼气就是一例，其他生物质转化可能还会得到液体燃料和木炭，如木材的干馏，故 A 正确；光—电转换方式是利用光电效应，将太阳辐射能直接转换成电能，是物理变化，故 B 错误；天然气不是新能源，是化石能源，故 C 错误；根据能量守恒知，氢气燃烧要放出能量，所以使水变成氢气要吸收能量，故 D 错误。

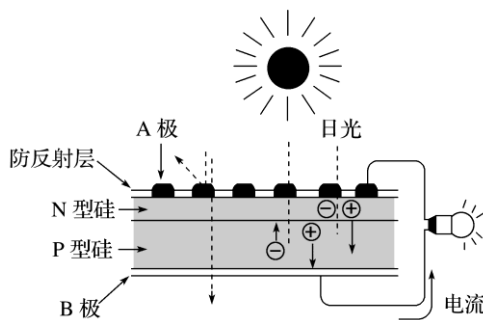
11. 下列关于能源和作为能源的物质叙述错误的是()

- A. 吸热反应的反应物总能量低于生成物总能量
- B. 绿色植物进行光合作用时，将光能转化为化学能“贮存”起来
- C. 物质的化学能可以在不同条件下转化为热能、电能、光能等为人类所利用
- D. 天然气属于新能源

答案 D

解析 吸热反应反应物的总能量低于生成物的总能量，A 正确；绿色植物进行光合作用时，通过发生化学反应，将光能转化为化学能“贮存”在化学物质中，B 正确；物质的化学能可以在不同条件下转化为热能、电能、光能等为人类所利用，C 正确；天然气不属于新能源，D 错误。

12. 可再生能源是我国重要的能源资源，在满足能源需求、改变能源结构、减少环境污染、促进经济发展等方面具有重要作用。应用太阳能光伏发电技术是实现节能减排的一项重要措施。



下列有关分析不正确的是()

- A. 风能、太阳能、生物质能等属于可再生能源
- B. 推广可再生能源有利于经济可持续发展
- C. 上图是太阳能光伏电池原理图，图中 A 极为正极
- D. 光伏电池能量转化方式是太阳能直接转化为电能

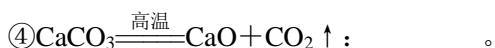
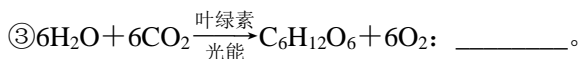
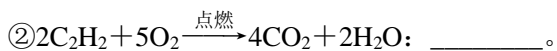
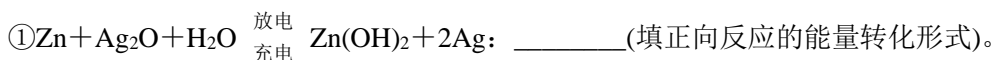
答案 C

解析 风能、太阳能、生物质能均属可再生能源，推广使用可再生能源有利于可持续发展；

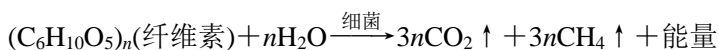
图示中由电流方向可知 A 极是太阳能光伏电池的负极；该过程中太阳能直接转化为电能。

☑综合强化

13. (1)请在每个化学方程式后的横线上注明化学反应过程中能量的主要转化形式。



(2)沼气是一种廉价的能源，它是由秸秆、杂草等废弃物经微生物发酵后产生的，有关过程如下：



①上述过程的实际意义是_____。

②在使用沼气做饭时，需要注意的问题是_____。

③建立沼气发电站，可以把_____能转化为电能，沼气被称为_____能源。

答案 (1)①化学能转化为电能 ②化学能转化为热能

③光能转化为化学能 ④热能转化为化学能

(2)①既是能源的一个重要来源，也是扩大肥源、提高肥效、改善农村卫生条件的重要措施 ②

防止沼气泄漏，保持厨房通风良好 ③生物质 新

解析 (1)①放电时，该反应在原电池中进行，将化学能转化为电能。

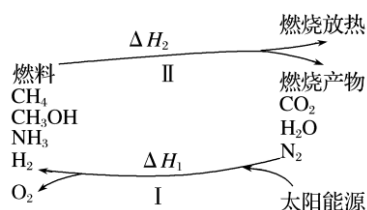
②C₂H₂(乙炔)燃烧时主要将化学能转化为热能。

③绿色植物进行光合作用时，主要将光能转化为化学能。

④石灰石(CaCO₃)高温分解时，主要将热能转化为化学能。

(2)秸秆、杂草等废弃物经微生物发酵后产生沼气，可将生物质能转化为化学能，获得洁净的燃料，既可以提供能源，也可以扩大肥源、提高肥效、改善农村卫生条件。沼气与空气混合后遇到明火会发生爆炸，在使用沼气做饭时，要防止沼气泄漏，保持厨房通风良好。建立沼气发电站，可以把生物质能转化为电能。

14. 保护环境已成为当前和未来的一项全球性重大课题。为解决目前燃料使用过程中的环境污染问题，并缓解能源危机，有的专家提出利用太阳能促使燃料循环使用的构想，如图所示：



请回答下列问题：

(1)过程 I 的能量转化形式为_____能转化为_____能。

(2)上述转化过程中， ΔH_1 和 ΔH_2 的关系是_____。

(3)断裂 1 mol 化学键所需的能量见下表：

| | H—N | H—O | N≡N | O=O |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| $E/\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ | 393 | 460 | 941 | 499 |

常温下，N₂ 与 H₂O 反应生成 NH₃ 的热化学方程式为

答案 (1)太阳 化学 (2) $\Delta H_1 = -\Delta H_2$

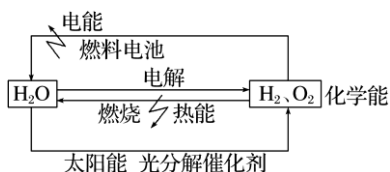
(3) $2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 4\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g})$

$\Delta H = 1\,189\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

解析 (1)由图可知，过程 I 是太阳能转化为化学能。(2)由能量守恒定律可知， $\Delta H_1 = -\Delta H_2$ 。

(3)常温下，N₂ 与 H₂O 反应生成 NH₃ 的反应为 $2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 4\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g})$ $\Delta H = 2 \times 941\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} + 6 \times 2 \times 460\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - (4 \times 3 \times 393\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} + 3 \times 499\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) = 1\,189\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，热化学方程式为 $2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 4\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g})$ $\Delta H = 1\,189\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

15. 分析下图，回答以下问题：



(1)电解水生成 H_2 ，首先要解决的问题是_____。

(2)标准状况下，11.2 L H_2 燃烧生成液态的水，放出 Q kJ 的热量，写出该反应的热化学方程式：_____。

(3)氢气作为理想的“绿色能源”的主要理由是_____。

(4)氢氧燃料电池是氢能源利用的一个重要方向。氢气在_____极上发生_____反应，氧气在_____极上发生_____反应。

若电解质溶液为 KOH 溶液，写出正、负极上的电极反应式：

负极：_____，

正极：_____。

答案 (1)需大量电能

(2) $2H_2(g) + O_2(g) = 2H_2O(l) \quad \Delta H = -4Q \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(3)来源丰富(H_2O)，燃烧放出的热量多，产物无污染

(4)负 氧化 正 还原 $2H_2 - 4e^- + 4OH^- = 4H_2O$ $O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$

解析 (2)11.2 L H_2 为 $\frac{11.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$ ，故 2 mol H_2 燃烧生成液态水放出热量为 $\frac{Q \text{ kJ}}{0.5 \text{ mol}}$

$\times 2 \text{ mol} = 4Q \text{ kJ}$ ，故该反应的热化学方程式为 $2H_2(g) + O_2(g) = 2H_2O(l) \quad \Delta H = -4Q \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(3) H_2 作为“绿色能源”的优点有：来源丰富；热值高；无污染。

(4)在氢氧燃料电池中， H_2 在负极失电子发生氧化反应， O_2 在正极得电子发生还原反应。若电解质为 KOH 溶液，则负极为 $2H_2 - 4e^- + 4OH^- = 4H_2O$ ，正极为 $O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$ 。