# 第九单元 热力学定律

本单元主要由热力学第一定律、能量守恒定律、热力学第二定律等内容组成.本单元的内容是热学的重要组成部分，主要以能量为主线从热现象出发研究能量转化的规律，是讨论能源问题的重要理论基础.学生在必修 3 中已经学过能量的转化及其方向性、能量守恒定律等知识，在此基础上，通过本单元的学习，进一步完善对能量的认识，进一步提升能量观念。

本单元课程内容学习建议安排 4 课时。

## 一、教学要点

### 1．单元内容结构

热力学定律

能量守恒定律

热力学第一定律

Δ*U*= *W* + *Q*

热力学第二定律

物体的内能

能量的耗散与

退降

### 2．单元学习要求

本单元对应《2017 年版高中物理课标》选择性必修 3 的“热力学定律”主题，下表中的“标引”与《2017 年版高中物理课标【内容要求】下的序号一致，“内容”是根据【内容要求】提炼出的单元主要内容，“具体要求举例”是针对主要内容给出的表现性要求的示例。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标引 | 内容 | 具体要求举例 |
| 3.2.1 | 热力学  第一定律 | **知道热力学第一定律**。能简述内能的概念；能简述热力学第一定律的内容；能用热力学第一定律分析和解决实际问题。 |
| 3.2.2 | 能量守恒定律 | **理解能量守恒定律**。能简述能量守恒定律的内容；了解第一类永动机模型，知道永动机不可能制成；通过有关史实，了解热力学第一定律和能量守恒定律的发现过程，知道科学探索中的挫折和失败对科学发现的意义；能用能量守恒的观点解释自然现象；知道能量守恒定律是最基本、最普遍的自然规律之一。 |
| 3.2.3 | 热力学  第二定律 | **了解热力学第二定律**。能举例说明自然界中涉及热现象的宏观过程有方向性；能说出热力学第二定律的两种表述方式；能说出第二类永动机不可能实现的原因。 |

### 3．单元内容与核心素养

在本单元学习中，学生经历有关人类发现热力学第一定律和能量守恒定律的史实的学习，体会实践、挫折和失败对科学发现的意义和人类探索真理的艰辛，进一步培养勇于探索、不懈钻研、实事求是的科学态度和科学精神；经历运用能量守恒定律解释现象和从宏观过程的方向性总结出热力学第二定律的过程，领悟守恒思想的价值，从能量转化的方向性认识能源开发、节能技术和新能源利用对人类生存的意义，认识到合理利用能源、促进可持续发展的责任。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 核心内容 | 物理观念 | 科学思维 | 科学探究 | 科学态度和责任 |
| 9.1 | 热力学第一定律 | ● | ◎ | ◎ | ● |
| 9.2 | 能量守恒定律 | ● | ○ | ◎ | ● |
| 9.3 | 热力学第二定律 | ◎ | ◎ | ○ | ● |

## 二、单元实施

### 1．单元任务设计

本单元的任务设计思考路径是：在研读《2017 年版高中物理课标》的基础上，发掘出学生完成本单元学习后能够处理的一项任务，将其作为本单元学习的核心任务。《2017 年版高中物理课标》选择性必修 3 的“热力学定律”主题的活动建议中有“讨论为什么‘第一类永动机’和‘第二类永动机’不可能实现”。几百年来，人们对“永动机”的话题都非常感兴趣，学生也不例外。因此将本单元的核心任务确定为“走出永动机的迷思”。在教学中核心任务还需要进一步分解，以利于逐步落实，具体的任务分解、相关的教学内容及课时安排详见下表。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 核心任务（问题）及其分解 | | 教学内容 | 课时安排 |
| 走出永动机的迷思 | 认识第一类永动机并分析其为何不可能 | 物体的内能、热力学第一定律、能量守恒定律 | 3 |
| 了解第二类永动机并分析其为何不可能 | 能量转化的方向性、热力学第二定律 | 1 |

### 2．重点活动设计

#### （1）单元活动

##### 活动名称 走出永动机的迷思

**活动资源** 第一类永动机的模型图片、第二类永动机的模型图片。

**活动系列**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 对应课时 | 活动过程 | 活动说明 |
| 第一课时 | **交流提问**。呈现历史上各种永动机的模型图片，简要介绍有关永动机的研究。在此基础上，教师布置本单元的核心任务——走出永动机的迷思。教师选择一张第一类永动机的模型图片，让学生了解此类永动机工作原理的设想，提出问题——这些机器在“运行”过程中涉及哪些形式的能？永动机可能成功吗？引出分解任务——认识第一类永动机并分析其为何不可能，同时开始内能的学习。 | 从各种永动机的模型图片入手，教师布置单元学习任务。本活动所呈现的永动机的模型图片要多样。要求学生仔细观察永动机的模型图片，学生自己尝试提出想要研究的问题。要求学生课后查阅人类探索两类永动机的资料，为交流做好准备。  历史上多种多样的永动机可激发学生的求知欲。 |
| 第三课时 | **解释交流**。再次呈现第一类永动机的模型图片，弄清图中所示永动机的各部件及其相互关系，引导学生用所学的热力学第一定律或能量守恒定律，解释此类永动机为何不可能实现。  **交流提问**。呈现第二类永动机的模型图片，教师选择其中某个永动机的模型，提出“它是不是永动机”等问题，引出分解任务——了解第二类永动机并分析其为何不可能实现。 | 要求学生运用规律解释第一课时提出的问题，学以致用。在学生分析第一类永动机为何不可能实现的基础上，继续呈现第二类永动机，引发认知冲突。  通过讨论第一类永动机为何不可能实现，引导学生从能量守恒角度分析问题，培养学生科学推理、科学论证和质疑创新能力，同时让学生认识到，尽管人们对永动机的研究都失败了，但这促使人们从更高层次上思考问题，进而发现能量守恒定律。 |
| 第四课时 | **解释交流**。再次呈现第二类永动机的模型图片，选择其中某个模型了解图中所示永动机工作原理的设想，引导学生用所学的热力学第二定律，讨论为什么此类永动机不可能实现，简单说出其原因。 | 要求学生运用已学的热力学第二定律简单说明第三课时所提出的问题，学以致用。可以采用小组交流的方式完成学习。  通过对第二类永动机为何不可能实现的讨论、分析和交流，培养学生科学推理、科学论证和质疑创新能力。 |

#### （2）课时活动

##### 活动 1 推导热力学第一定律

**活动资源** 学习任务单。

**活动过程**

讨论交流 教师提出问题：可以用哪些方法升高一段铁丝的温度？学生回顾改变内能的两种方式——做功和热传递。引导学生进一步思考：如果在改变内能时既做功又有热传递，那么内能的变化量与做功的多少、热传递的热量满足什么关系？

思考探究 向学生提供学习任务单，依次讨论任务单上的问题。

① 如果一个系统不与外界发生热交换，那么外界对它做功或它对外界做功时，系统的内能将如何变化？

② 如果一个系统与外界之间相互不做功，那么系统吸热或放热时，系统的内能将如何变化？

③ 如果一个系统与外界之间同时发生做功和热传递，那么系统的内能将如何变化？

Ⅰ．设 Δ*U* 表示系统内能的变化量，若外界对系统所做的功为 *W*，外界向系统传递的热量为 *Q*，则 Δ*U* 为多少？

Ⅱ．设 Δ*U* 表示系统内能的变化量，若系统对外界所做的功为 *W*，系统向外界传递的热量为 *Q*，则 Δ*U* 为多少？

Ⅲ．拟定 Δ*U*、*W* 和 *Q* 三个物理量的正负号的规则，怎样表述它们的关系？

④ 外界对系统做了 2.8×105 J 的功，系统的内能增加 1.6×105 J，试分析系统吸放热的情况。

交流归纳 学生在分组讨论的基础上相互交流，得出 Δ*U*、*W* 和 *Q* 三者的关系，得到热力学第一定律的表达式。

**活动说明** 向学生提供学习任务单，尤其在“思考探究”环节，通过问题引导学生思考、推理，问题设计逐步深入，给学生充分的时间进行讨论交流，重在引导学生总结出热力学第一定律的内容。问题讨论可以分步完成，先讨论问题①②，再讨论问题③，找出物理量的正负号规则，而后尝试运用此规则解决问题④，最后在“交流归纳”环节，归纳总结得出规律。

**设计意图** 本活动设计主要以问题为导向，引导学生完成热力学第一定律的理论探究。问题逐步深入，由定性到定量，最后让学生学以致用，有利于培养学生的科学推理能力。在教学中，可留出学生思考交流的时间，让学生自主归纳出规律；可采用小组讨论的形式，帮助学生养成交流分享的学习习惯。

##### 活动 2 能量守恒观念的形成

**活动资源** 学习任务单（表格和问题仅供参考）。

|  |  |
| --- | --- |
| 研究小组成员 | |
| 资料查阅途径 | |
| 关键事件（包括时间、人物、实验等） | 认识能量形式 |
| 举例：1831 年法拉第开展电磁感应实验，发现了电磁感应现象 | 磁能与电能建立联系 |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| 参考文献 | |

问题：能量守恒定律的内容是什么？能量守恒定律的重要性体现在哪些方面？

**活动过程**

阅读思考 学生阅读教科书并查阅相关资料，了解能量守恒定律的发现过程。完成学习任务：利用表格梳理科学史上人类认识能量守恒定律的关键事件。

讨论交流 以学习小组的形式交流讨论学习任务单上的问题。

概括归纳 引导学生从关键事件所涉及的各种运动形式中寻找“能量”这一共同量，认识在各种运动形式转化过程中的守恒量。

**活动说明** 在“阅读思考”环节，可以在课前布置阅读任务，给予学生充分的时间，让学生通过上网、阅读教科书、文献检索等途径查阅资料。在“讨论交流”环节，学生结合学习任务单上的问题展开讨论。在“概括归纳”环节，学生在讨论交流的基础上，寻找各种运动形式的共性，认识其中的守恒量，体会能量守恒定律的重要性。

**设计意图** 学生已经学习过能量守恒定律，所以对此定律内容较熟悉，但是学生可能还不是很了解它的发现过程及其对人类社会的重要意义。活动中要给予学生阅读梳理、思考交流的时间，通过阅读教科书或查阅其他相关资料，让学生了解能量守恒定律的发现过程及其对人类社会的重要意义。建议结合单元核心任务，通过表格形式梳理阅读资料，用于检测阅读情况，培养学生阅读能力。

##### 活动 3 研究能量转化的方向性

**活动资源** 第二类永动机的模型图片。

**活动过程**

观察思考 呈现第二类永动机的模型图片，简要介绍其工作原理的设想，思考此类永动机能否实现。

讨论交流 带着上述问题，先指出自然界的有些过程不可逆，如扩散现象、摆球摆动越来越低等。而后进一步引导学生研究热现象的过程是否可逆，同时引导学生列举生活中类似的热现象。归纳出热量传递的特点“热量从温度高的物体自发地传给温度低的物体”。

思考讨论 提出问题：有没有可能发生热量从温度低的物体自发地传给温度高的物体的现象？学生讨论并举例，可能举出空调、电冰箱等例子。在此基础上，教师展示空调模型及其原理示意图，引起学生疑问，引导学生分组讨论生活中制冷系统工作时的能量转化情况。

归纳总结 在交流讨论的基础上进一步总结得出，热量不能自发地从低温物体传给高温物体，而不引起其他变化，此即热力学第二定律的克劳修斯表述。

解释交流 再次呈现第二类永动机的模型图片，引导学生讨论并解释此类永动机为何不可能实现。

**活动说明** “观察思考”环节引出课时任务；“交流讨论”环节从生活中的实例入手；“思考讨论”环节重在引发认知冲突，引导学生讨论生活中的一些热现象，从能量的视角去思考问题，给学生充分的时间讨论交流；“归纳总结”和“解释交流”环节，在讨论交流的基础上，让学生自己得出结论。

**评价要点** 在活动的各个环节，可以开展持续性评价。例如在“解释交流”环节，根据解释是否合理、观点是否有理有据、能否对其他同学的观点进行补充或提出质疑、小组讨论是否热烈等对学生的表现作出评价。

**设计意图** 本活动从第二类永动机的模型切入，并以讨论分析此类永动机的不可能性结束，首尾呼应。学习过程中注重联系生活，从学生熟悉的身边的生活现象入手，让学习贴近学生的生活，让学生感受到物理紧密联系生活，激发学生学习兴趣。通过问题引导学生讨论，让学生对关键词“自发”有深刻的理解，帮助学生初步认识热力学第二定律。本活动注重问题的设计，注重师生、生生对话交流，在互动中引发认知冲突，突出了学生的学习过程，帮助学生养成交流分享的学习习惯。

### 3．评价示例

本单元评价包括三个部分：一是日常课堂活动评价，可以选择本单元的重点活动进行评价，例如在“研究能量转化的方向性”活动中的“解释交流”环节，对学生的表现作出评价，提出的评价要点仅供参考。二是日常作业评价，在学完本单元后，学生或教师根据作业的正确率、订正率等情况，完成本单元的日常作业评价。三是单元检测，教师根据学生在规定的时间内完成本单元检测的情况给出测试的成绩。“重点活动设计”中已给出课堂活动评价的示例，以下给出部分课堂例题、课后作业及单元检测的示例，供教师参考使用。

**示例 1** 分子间作用力 *f* 随分子间距离 *r* 变化如图 9 – 1 所示。已知当分子间距离等于 *r*0 时，分子间作用力为零。现有两个相距大于 *r*0 的分子相互靠近，到距离小于 *r*0。在此过程中分子势能（ ）。

*r*

*r*0

*O*

*f*

A．不断增大

B．不断减小

C．先增大后减小

D．先减小后增大

**分析** 可以根据分子间作用力做功与分子势能变化的关系来判断。当两分子间距大于 *r*0 时，分子间作用力表现为引力，靠近过程中，分子间作用力做正功，分子势能减小；当两分子间距等于 *r*0 时，分子势能最小；当两分子间距小于 *r*0 时，分子间作用力表现为斥力，继续靠近过程中，分子间作用力做负功，分子势能增加。在整个过程中，分子势能先减小后增大。故 D 正确。

**解答** D

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 物体的内能 | 物理观念中“运动与相互作用观念""能量观念” | 能运用分子间作用力和分子势能等知识解决简单的问题。对应水平二。 |
| 科学思维中“模型建构”“科学推理” | 能在熟悉的问题情境中应用所学的物理模型；能对比较简单的物理问题进行分析和推理，获得结论。对应水平二。 |

**说明** 本示例建议在学习“物体的内能”后作为单元检测使用，完成时间约 2 分钟。本示例呈现分子间作用力随分子间距离变化的图线，有利于学生深刻认识分子间作用力做功与分子势能的关系。

**示例 2** 某汽车后备箱安装有撑起箱盖的装置，它主要由气缸和活塞组成。开箱时，密闭于气缸内的压缩气体膨胀，将箱盖顶起，如图 9 – 2 所示。假设开箱过程很短，缸内气体与外界无热交换，忽略气体分子间相互作用，问在此过程中：

箱盖

气体

汽缸

活塞

（1）缸内气体对外界做正功还是负功？

（2）缸内气体分子的平均动能怎样变化？请简述理由。

**分析**

（1）根据气体体积变化分析气体做功的特点，因为缸内气体体积变大，所以气体对外做功。

（2）用热力学第一定律分析气体内能的变化，再判断出分子的平均动能的变化。

**解答**

（1）缸内气体对外界做正功。

（2）缸内气体分子的平均动能减小。因为缸内气体对外做功且与外界无热交换，根据热力学第一定律，气体的内能减小；又由于气体分子势能忽略不计，因而气体的内能减少，意味着气体分子的平均动能减小。

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 热力学第一定律、物体的内能 | 物理观念中“能量观念” | 能结合热力学第一定律和物体的内能知识解释简单的实际问题，对应水平二。 |
| 科学思维中“模型建构”“科学推理” | 能在熟悉的问题情境中应用所学的物理模型：能对比较简单的物理问题进行分析和推理，获得结论。对应水平二。 |

**说明** 本示例建议在学习“热力学第一定律”后作为课堂例题或课后作业使用。本示例主要考查学生运用热力学第一定律和物体内能的知识定性解释简单的实际问题。

**示例 3** 某压力锅结构如图 9 – 3 所示。盖好密封锅盖，将压力阀套在出气孔上，给压力锅加热，当锅内气体压强达到一定值时，气体就把压力阀顶起放气。在压力阀被顶起时，停止加热。设在一次放气过程中，锅内气体对压力阀及外界做功 *W*，并向外界释放了 *Q* 的热量，锅内原有气体的内能如何变化？

锅盖

出气孔

压力阀

**分析** 根据热力学第一定律，Δ*U* = *W* + *Q*，系统对外界做功 *W* 时，内能减少 *W*，同时系统向外界放出热量 *Q*，内能又减少 *Q*，综合考虑可得出内能减少了 *W* + *Q*。

**解答** 根据热力学第一定律，锅内原有气体内能减少了 *W* + *Q*。

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 热力学第一定律 | 物理观念中“能量观念” | 能运用热力学第一定律解决简单的实际问题。对应水平二。 |
| 科学思维中“模型建构”“科学推理” | 能在熟悉的问题情境中应用所学的物理模型：能对比较简单的物理问题进行分析和推理，获得结论。对应水平二。 |

**说明** 本示例建议在学习“热力学第一定律”后作为课堂例题或课后作业使用。本示例主要考查学生运用热力学第一定律进行简单的定量计算。

**示例 4** 如图 9 – 4 所示，一种转轮由 5 根轻杆和转轴构成，轻杆的末端装有形状记忆合金制成的叶片。轻推转轮后，进入热水的叶片因伸展而“划水”，推动转轮转动。离开热水后，叶片形状迅速恢复，转轮因此能较长时间转动。据此判断下列说法是否正确，请简述理由。

形状记忆合金

热水

（1）转轮依靠自身惯性转动而不需消耗外界能量。

（2）转轮转动所需能量来自形状记忆合金自身。

（3）叶片在热水中吸收的热量大于在空气中释放的热量。

**分析** 用能量守恒定律、热力学第一定律和热力学第二定律说明。

**解答**

（1）不正确。因为转轮转动的过程中克服摩擦力做功，转轮的机械能越来越小，所以要维持转轮转动需要消耗外界能量。

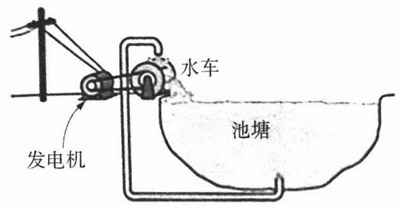
（2）不正确。因为要维持转轮转动需要外界能量，转轮转动所需能量不能由转轮自己提供。

（3）正确。因为根据热力学第二定律，不可能从单一热源吸收热量并把它全部用来做功，而不引起其他变化，故叶片在热水中吸收的热量一定大于在空气中释放的热量。

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 热力学第一定律、热力学第二定律、能量守恒定律 | 物理观念中“能量观念” | 能运用能量守恒定律和热力学定律解决简单的问题。对应水平二。 |
| 科学思维中“科学推理” | 能对比较简单的物理问题进行分析和推理，获得结论。对应水平二。 |

**说明** 本示例建议在学习“热力学第二定律”后作为课堂例题使用。



**示例 5** 某人设想投资利用池塘中的水运转一部水车，由水车带动一台发电机发电。他设计的草图如图所示，在池塘底部有一根管子，水以相当大的速度流进这根管子，通过管子把水引到池塘一边，然后水在竖直管中上升到高于池塘的水面，流过一部水车，带动发电机发电，水流过水车后又将回到池塘。这样不断循环发电。

（1）请问这个设计属于哪一类永动机？

（2）这一设想是否可行？请简述理由。

**分析** 池塘中的水回到它的初态，能量没有发生改变，同时系统外没有任何能量以热或功的形式输入，最终发电机凭空发电，所以这个设想违背了热力学第一定律（或能量守恒定律）。

**解答**

（1）这个设计属于第一类永动机。

（2）这一设想不可行。池塘中的水流向管子时，水的势能减小，动能增大；水沿竖直管上升时，水的势能增大，动能减小。若忽略摩擦阻力，根据能量守恒定律，当水在竖直管内向上到达与池塘内的水面相同高度时，水就不再上升，所以水在竖直管内无法上升至高于池塘水面的高度。

**属性表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | 涉及的主要素养 | 质量水平分析 |
| 热力学第一定律、能量守恒定律 | 物理观念中“能量观念” | 能用热力学第一定律解释生产生活中的一些现象。对应水平三。 |
| 科学思维中“模型建构”“科学推理”“质疑创新” | 能根据需要选用恰当的物理模型；能对物理问题进行分析和推理，获得结论并作出解释：能对已有观点提出质疑，对应水平三。 |
| 科学态度与责任中“科学态度” | 能基于证据和逻辑发表自己的见解，实事求是。对应水平三。 |

**说明** 本示例建议在完成单元任务后作为课堂例题或课后作业使用。本示例呼应单元任务“走出永动机的迷思”，也可以作为单元长作业使用。