**第三节 热平衡方程与热平衡问题**

两个温度不同的物体靠近时，会发生热传递。高温物体放出热量，温度降低，低温物体吸收热量，温度升高。当两者温度相同时，热传递停止，此时物体即处于热平衡状态。

**1．热平衡方程**

设高温物体的比热容为，质量为，初始温度为，低温物体的比热容为，质量为，初始温度为，当两者达到热平衡时，共同温度为，则可知。若不计能量损失，则高温物体放出的热量等于低温物体吸收的热量，即，或，这即是两个物体热交换时的平衡方程，可解得t，若已测得的值，则可求得，因此可以用这种方法测物体的比热容。

**例1** （上海第5届初中物理竞赛复赛）温度不同的两个物体相互接触后将会发生热传递现象。若不计热量的损失，则当两物体达到热平衡状态时，它们的温度相同，且高温物体放出的热量等于低温物体所吸收的热量。现有三种不同的液体，，，它们的初温度分别为15℃，25℃，35℃。当和液体混合并到达平衡状态时，其平衡温度为21℃；当和液体混合并到达平衡状态时，其平衡温度为32℃。求和液体混合并到达平衡状态时的平衡温度。

**分析与解** 设，，三种液体的比热容分别为，，；质量分别为，，。则与混合时，有，即；与混合时，有，即；当与混合时，设热平衡后的温度为，则有，将以上各式代入，可解得。

**例2** （上海第27届大同杯初赛改编）将一杯热水倒入盛有冷水的容器中，冷水的温度升高了10℃，再向容器内倒入一杯相同质量和温度的热水，容器中的水温又升高了6℃。则：

（1）一杯热水与容器中原有的冷水质量之比为\_\_\_\_\_\_\_\_。

（2）热水与容器中原有的冷水的温差为\_\_\_\_\_\_\_\_℃。

（3）如果继续向容器中倒入一杯同样的热水，则容器中的冷水水温会继续升高\_\_\_\_\_\_\_\_℃。

**分析与解** 不妨设容器中原有冷水的质量为，温度为，一杯热水质量为，温度为，第一次倒入热水平衡后，水温均变为，冷水温度升高了10℃，热水温度降低了，由吸热等于放热，有

  ①

第二次倒入热水平衡后，水温均变为，冷水温度再次升高了6℃，热水温度降低了，有

  ②

由①式可得

  ③

由②式可得

  ④

联立③④式，可解得，。

第三次倒入热水平衡后，设冷水温度又升高了，则冷水与热水水温均为，热水温度降低了，则有

  ⑤

变形后，得

  ⑥

将，代入⑥式，可解得。

上文提供的方法可以解决两种物质彼此进行热交换时的一些问题，如果有三种或者三种以上的物质彼此进行热交换，则情况要复杂些。

**2．多个物体的热平衡问题**

**例3** 设有个物体，它们的比热容、质量、初温分别为，，，…，，现将这个物体置于封闭绝热的容器中充分进行热交换，假设容器不吸热且各物体之间不发生化学反应，也无物态变化，问热平衡后，物体的温度是多少？

**分析与解** 本题的困难在于，无法确定热平衡后系统的温度与各物体初温，，等的大小关系，也就无法确定是哪些物体吸热，哪些物体放热。不妨规定如下：令，若，则，为物体放出的热量；若，则，为物体吸收的热量。则根据放出的总热量与吸收的总热量相等，有



即



解得



**3．有物态发生变化的热平衡问题**

物体在吸热或者放热时，有时要发生物态变化，比如0℃的冰吸热融化成0℃的水，或0℃的水放热凝固成0℃冰等。由于即使是同种物质，状态不同时，比热容也会发生变化，再者物质虽然温度不变，但由一种状态变为另一种状态时，也要吸热或者放热，因此这类热平衡问题必须要考虑物质的熔化热。

**例4** （上海第8届普陀杯复赛）已知冰的比热容为，冰的熔化热为，水的比热容为。把质量为、温度为0℃的冰和质量为、温度为100℃的金属块同时投入质量为、温度为20℃的水中，当它们达到热平衡时，它们的共同温度为30℃。若不计热量损失，求金属块的比热容。

**分析与解** 先将本题中各物质吸热、放热情况计算如下：

0℃的冰融化成0℃的水，需吸热为



冰融化成0℃的水后，质量仍为，这些0℃的水温度升高30℃需吸收的热量为



质量为、初温为20℃的水温度升高到30℃需吸收的热量为



金属块放出的热量为



又



因此，可解得。

**4．物体的散热问题**

高温物体散热的快慢，除了和物体的表面积、物体周围的介质以及物体表面介质的流动性等有关以外，还和物体与环境的温差有关。

**例5** （上海第29届大同杯复赛）把一个装满80℃热水的热水袋悬挂在空中，并用一支温度计插入热水中来测量水温，假设室温维持在20℃不变，测得温度与时间的数据如表6.1所示。

**表6.1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|  | 80.0 | 56.4 | 42.1 | 33.4 | 28.1 | 24.9 | 23.0 |

（1）请根据表中数据找出的函数关系。

（2）试问水的温度由80℃降为30℃，经过的时间为多少？

**分析与解** 水的最终温度为室温（20℃），水降温的快慢与温差有关，故将表改列表6.2。

**表6.2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|  | 60.0 | 36.4 | 22.1 | 13.4 | 8.1 | 4.9 | 3.0 |

由表可以看出，每隔得到的温度与室温之差是以等比级数下降的：，，……以此类推，则可得。

因此解得当时，。

**练习题**

1．（上海第5届大同杯初赛）质量相同的三杯水，初温分别是，，，而且，把它们混合后，不计热损失，则混合温度是（ ）。

A． B．

C． D．

2．（上海第8届大同杯初赛）两种不同的液体，它们的质量、比热、初温度分别为和，和，和，且。若不计热量损失，则把它们混合后的共同温度为（ ）。

A． B．

C． D．

3．（上海第2届大同杯初赛）将放在100℃的水中的铜块取出，放进10℃的煤油中，当达到热平衡时，若不计过程中的热损失，则下列说法中正确的是（ ）。

A．煤油吸收的热量一定等于铜块放出的热量

B．煤油升高的温度一定等于铜块降低的温度

C．热平衡时的温度一定大于10℃而小于100℃

D．煤油升高的温度一定小于铜块降低的温度

4．（上海第29届大同杯初赛）甲、乙两液体的密度比为，体积比为，比热容比为，且它们的初温不等。现将它们混合（不发生化学反应），不计混合过程中的热损失，达到热平衡后液体温度相对各自初温变化量的绝对值分别为和，则为（ ）。

A．16:15 B．15:16 C．12:5 D．5:12

5．（上海第31届大同杯初赛）在两个相同的杯子内盛有质量相等的热水和冷水，将一半热水倒入冷水杯内，冷水杯内的温度升高21℃，若再将热水杯内剩余热水的一半再次倒入冷水杯内，冷水杯内的水温会升高（ ）。

A．9℃ B．8℃ C．6℃ D．5℃

6．（上海第28届大同杯初赛），两物体质量相等，温度均为10℃；甲乙两杯水质量相等，温度均为50℃。现将放入甲杯，放入乙杯，热平衡后甲杯水温降低了4℃，乙杯水温降低了8℃，不考虑热量的损耗，则，两物体的比热容之比为（ ）。

A．4:9 B．3:5 C．2:3 D．1:2

7．（上海第26届大同杯初赛）甲、乙两容器中装有质量相等的水，水温分别为25℃和75℃，现将一个温度为65℃的金属球放入甲容器中，热平衡后水温升高到45℃；然后迅速取出金属球并放入到乙容器中，热平衡后乙容器中的水温为（不计热量损失和水的质量变化）（ ）。

A．65℃ B．60℃ C．55℃ D．50℃

8．（上海第24届大同杯初赛）将质量为、温度为0℃的雪（可看成是冰水混合物）投入装有热水的容器中，热水的质量为，平衡后水温下降了；向容器中再投入质量为的上述同样性质的雪，平衡后容器中的水温恰好又下降了。则为（ ）。

A．1:2 B．1:3 C．1:4 D．1:5

9．（上海第23届大同杯初赛）将一杯热水倒入容器内的冷水中，冷水温度升高，又向容器内倒入同样一杯热水，冷水温度又升高，若再向容器内倒入同样一杯热水，不计热损失，则冷水温度将再升高（ ）。

A． B．

C． D．

10．（上海第20届大同杯初赛）将、0℃的雪（可看成是冰水混合物）投入到装有、40℃水的绝热容器中，发现水温下降5℃。那么在刚才已经降温的容器中再投入上述同样的雪，容器中的水温将又要下降（ ）。

A．6℃ B．7.5℃ C．9℃ D．10℃

11．（上海第19届大同杯初赛）在利用混合法测量铜块的比热实验中，下列情况能导致铜的比热容测量值偏大的是（ ）。

①铜块从沸水中拿出来放入小筒时不小心代入了热水

②用天平测量铜块的质量时读数偏大

③用量筒测量水的体积后，倒入小筒时没有倒干净

④温度计在测量水的初温时，读数比真实值大

A．①③ B．①② C．③④ D．②③

12．（上海第16届大同杯初赛）将质量为的一小杯热水倒入盛有质量为的冷水的保温容器中，使得冷水温度升高了3℃，然后又向保温容器中倒入一小杯同质量、同温度的热水，水温又上升了2.8℃。不计热量的损失，则可判断（ ）。

A．热水和冷水的温度差为87℃，

B．热水和冷水的温度差为69℃，

C．热水和冷水的温度差为54℃，

D．热水和冷水的温度差为48℃，

13．（上海第14届大同杯初赛）两支完全相同的温度计初温度相同。现用这两只温度计分别去测量甲、乙两种液体的温度，测得结果相同（示数高于温度计初温度）。已知甲、乙两种液体质量相等，并且都比较小，乙液体原来的温度高于甲液体原来的温度。如果不考虑温度计、待测液体与外界的热传递，则可判断（ ）。

A．甲液体的比热容大于乙液体的比热容

B．甲液体的比热容小于乙液体的比热容

C．甲液体的比热容等于乙液体的比热容

D．无法判断

14．（上海第24届大同杯复赛）质量相等的甲、乙两金属块，其材质不同。将它们放入沸水中，一段时间后温度均达到100℃，然后将它们按不同的方式投入一杯冷水中，使冷水升温。第一种方式：先从沸水中取出甲，其投入冷水，当达到热平衡后将甲从杯中取出，测得水温升高20℃；然后将乙从沸水中取出投入这杯水中，再次达到热平衡，测得水温又升高了20℃。第二种方式：先从沸水中取出乙投入冷水，当达到热平衡后将乙从杯中取出；然后将甲从沸水中取出，投入这杯水中，再次达到热平衡。则在第二种方式下，这杯冷水温度的变化是（ ）。

A．升高不足40℃ B．升高超过40℃

C．恰好升高了40℃ D．条件不足，无法判断

15．（上海第22届大同杯复赛）洗澡时将11℃的冷水与66℃的热水充分混合成、36℃的温水，在混合的过程中有的热量损失掉了，则所用冷水为\_\_\_\_\_\_\_\_，所用热水为\_\_\_\_\_\_\_\_。

16．（上海第22届大同杯复赛）一密闭容器中，盛有高温的油，放在温度保持不变的环境中慢慢冷却。小明每隔记录一次容器内的油温，共记录七次，具体数据如表6.3所示。根据表中数据可知在冷却时间为时，内外温度之差为\_\_\_\_\_\_\_\_℃，油温与冷却时间的关系式为\_\_\_\_\_\_\_\_。

**表6.3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 冷却时间 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 |
| 油温 | 148 | 84 | 52 | 36 | 28 | 24 | 22 |
| 内外温差 | 128 | 64 |  | 16 | 8 | 4 | 2 |

17．（上海第6届初中物理竞赛复赛）水温度降低1℃所放出的热量刚好能使的0℃的冰熔解为水。现把的0℃的冰与的4℃的水混合，当它们达到热平衡时的温度是多少？

18．（上海第27届大同杯复赛）已知太阳正射到地球表面每平方米上的功率为，现有一太阳能热水器，其收集阳光的面积为，转换太阳辐射能为水的热能的效率为80%，假设此热水器的进水温度与室温皆为25℃，该热水器的热量损失率正比于热水器内水温与室温之差，当热水器出水口关闭时，经过长时间辐射后，热水器内的水温可以达到85℃，问当热水器以每分钟（即）的流量出水，经过一段时间后，其稳定的出水温度为多少摄氏度？

19．（上海第27届大同杯复赛）某密闭房间内有一台空调，当房间内温度为，房间外温度为，正常工作时空调每秒消耗的电功时，空调每秒从房间吸收的热量为，向室外释放的热量为，与，满足如下关系式：

①；

②设，则。

若室外向房间每秒漏进（或漏出）的热量与房间内外的温差成正比，当室外温度为30℃时，温度控制开关使空调间断运转30%的时间（例如，开了就停，如此交替开停），发现这时室内保持20℃不变。试问：

（1）在夏天仍要求维持室内温度为20℃，则该空调可允许正常连续运转的最高室外温度是多少？

（2）若在冬天，空调从外界吸热，向室内放热，仍要求维持室内温度为20℃，则它能正常运转的最低室外温度是多少？

20．（上海第25届大同杯复赛）将一功率为的加热器置于装有水的碗中，经过后，碗中水温从上升到，之后将加热器关掉，发现水温下降1.0℃。试估算碗中所装水的质量。

21．（上海第23届大同杯复赛）图6.11所示的装置可以测定每千克100℃的水在大气压下汽化成100℃的水蒸气所需吸收的热量。该装置的测量原理是：用加热器使水沸腾，汽化的水蒸气通过凝聚器液化后被收集在量杯中；测量加热器的发热功率及一段时间内在量杯中收集到的水的质量，根据能量守恒关系即可求出的值。这个汽化装置工作时的散热功率恒定不变，但散热功率的值未知。测得加热器的功率为时，在时间内被冷凝和收集的液体质量为；加热器的功率为时，在时间内被冷凝和收集的液体质量为。根据以上数据，求每千克100℃的水在大气压下汽化成100℃的水蒸气所需吸收的热量。

22．（上海第7届风华杯复赛）质量相等的和两固体，它们的初温均为20℃。把和同时放入盛有沸水的大锅炉内后，它们分别以和的吸热速度吸收热量。已知和的比热分别为和，且在吸热过程中，和两个物体均未发生物态变化，求后：

（1）物体的温度和它每克吸收的热量；

（2）物体的温度和它每克吸收的热量。

**参考答案**

1．B。设混合温度为，根据吸热等于放热，有



解得。

2．B。略。

3．AC。铜块放热温度降低，煤油吸热温度升高，当两者温度相同时达到热平衡，因此热平衡时的温度应大于10℃小于100℃，整个过程中铜块放出的热量等于煤油吸收的热量，但铜和煤油温度变化量的关系与它们比热容和质量均有关，无法判断。

4．C。由吸热等于放热，有，可得，乙与甲的质量之比，因此。

5．C。设冷水和热水的质量均为，冷水温度为，热水温度为，则将一半热水（质量为）倒入冷水杯内后，冷水温度变为，热水温度降低了，则根据热平衡方程有



再将热水杯内剩余热水的一半再次倒入冷水杯内，设冷水温度又升高了，即冷水温度变为，热水温度降低了，注意到第二次倒入热水时冷水质量为，则有



联立可解得。本题正确选项为。

6．A。设，两物体的比热容分别为，，，两物体的质量均为，设甲、乙两杯水的质量均为。投入甲杯水中，平衡后末温为46℃，则；投入乙杯水中，平衡后末温为42℃，则，比较两式，可得。

7．B。设水的质量为，比热容为，金属的质量为，比热容为，则将金属块放入甲容器中有



再将金属球放入乙容器中后，设热平衡时温度为，则有



联立解得。

8．B。设热水的初温为，设质量为、温度为℃的雪全部融化成0℃的水，吸收的热量为，则第一次向容器中投入雪，热平衡后有，第二次向热水中投入质量为的雪，热平衡后有，以上两式消去，即可得。

9．A。设一杯热水质量为，初温为，容器中冷水质量为，初温为。则向冷水中倒入一杯热水，热平衡后的末温为，有

  ①

再向冷水（此时冷水质量为）中倒入一杯热水，热平衡后的末温为，有

  ②

继续向冷水（此时冷水质量为）中倒入一杯热水，热平衡后的末温为，有

  ③

①-②，得



化简可得

  ④

②-③，得



解得

  ⑤

将④代入⑤，可得



10．B。设雪的质量，热水的质量，第一次倒入质量为的0℃的雪，热平衡后的温度为35℃，假设质量为的0℃的雪全部融化为0℃的水，吸收的热量为，则根据吸热等于放热，有。当再向热水中倒入质量为的0℃的雪，这些雪全部融化为0℃的冰时，吸收的热量为，设水温又下降了，则有，解得。

11．A。若将铜块从沸水中拿出来放入小筒时不小心带入了热水，则混合后的温度比实际温度要高，即此时水的温度变化变大，铜块的温度变化变小，根据公式可知，水吸收的热量变多，由于，所以据公式，由于铜的温度变化变小，而此时比实际值变大，故此时铜的比热容变大，符合题意；在其他值都准确的情况下，若用天平测得铜块的质量变大，即根据可知，此时测得的铜的比热容变小，不符合题意；用量筒测量水的体积后，若倒入小筒时没有倒干净，即铜块放出的热量是一定的，根据，由于此时水的实际质量变小，此时水的温度变化变大，根据公式，计算出来的变大，所得的变大，由公式可知，在一定的情况下，测得变大，符合题意；温度计在测量水的初温时，若读数比真实值大，则会导致水的温度变化偏小，根据公式计算出来的变小，所得到的变小，由公式可知，在一定的情况下，测得变小，不符合题意。故选项正确。

12．A。提示：可参照本节例2和练习题9的解答过程求解。

13．A。由温度计完全相同且温度计的初温、末温相同，可知两温度计吸收热量相同，即甲、乙两液体放出的热量相同。因为甲、乙液体末温等于温度计示数，即末温相同，而乙液体初温较高，因此乙液体温度降低较多，据可知，乙液体的比热容小于甲液体。选项正确。

14．C。设甲、乙两金属块比热容分别为，，质量均为；设水的比热容为，冷水质量为，初温为。第一种方式，将甲放入冷水，热平衡后有，解得

  ①

将甲取出，放入乙，热平衡后有，解得

  ②

第二种方式，将乙放入冷水，设热平衡后的温度为，则有，解得

  ③

将乙取出后，放入甲，设热平衡后的温度为，则有，解得

  ④

由①④两式可得，化简整理得

  ⑤

由②③两式可得，化简整理得

  ⑥

将⑤⑥两式相加，并整理，得到关于的一元二次方程：



利用求根公式，解得



考虑到应介于0℃与100℃之间，因此，即有，选项Ｃ正确。

15．290，260。设冷水质量为，热水质量为，则。热水放出的热量等于冷水吸收的热量加上损失的热量，则有，解得，。

16．32，。由内外温差为油与外界环境温度的差，可知环境温度为20℃，分析表格中的数据，发现的值逐级递减，且每次的内外温差都等于上次温差的一半，易得冷却时间为时，内外温度之差为32℃。继续将每列的油温与冷却时间列举计算如下：

冷却时间时，油温；

冷却时间时，油温；

冷却时间时，油温；

冷却时间时，油温；

冷却时间时，油温；

……

依次类推，则得，其中，则。

17．设最终温度为。由题意，的0℃的冰熔解为0℃的水，吸收的热量为



的0℃的冰熔解为0℃的水，吸收的热量为



冰融化成水后质量不变，则的0℃的水温度升高到，需要吸收的热量为



的4℃的水温度降低到，放出的热量为



由，解得。

18．太阳能热水器的输入功率为



设热水器的损失功率为当没有出水时，热水器的水温维持在85℃，这时能量的输入功率和热损失功率相等，有，解得，当热水器出水时，单位时间内（1秒内）出水量为，由能量关系，得



代入数据，解得。

19．（1）结合题意，并由题中①②式，可解得。设室外向房间的每秒漏热量为，则有，即，代入数据解得。设室外温度为，空调连续工作可保持室温不变，则有，解得。

（2）设冬天室外温度为时，空调连续工作可保持室温不变，则由（1）易知，单位时间内空调向室内放热，单位时间内室内向室外漏热，根据，即，代入数据可解得。

20．。加热器在内所供应的总热量等于水温升高所吸收的热量加上散失到周围环境中的热量，即。在水温变化不大时，散失到周围环境中的热量与时间成正比。因此加热器关掉，散失的热量等于，此热量等于热水温度下降所放出的热量，即，联立上述两式可得



21．由能量守恒定律知加热系统产生的功率，其中为内收集到的水的质量，为每千克100℃的水汽化所需吸收的热量，为损失的功率。利用题中数据可得两个方程：





解得。

22．由题可知每千克的，固体每秒吸收的热量分别为，，设，两固体质量为，后，两固体的温度分别升高了和。（1）对固体，有，解得，因此固体最终温度为80℃，仍在吸热，它每克吸收的热量为。

（2）对固体，有，解得，由于水的沸点为100℃，固体最终温度为100℃。当固体温度升高至100℃时，固体温度不再升高。固体吸收的实际热量为，每千克吸收的热量为，则每克吸收的热量为。