机械振动

受迫振动

共振

单摆

弹簧振子

单摆做简谐运动的周期

*T* = 2π

简谐运动

建模

推理

推理

验证

小

结

* 基本概念和基本规律

**机械振动**：物体在某一位置附近的往复运动。

**简谐运动**：质点相对平衡位置的位移与时间关系遵从余弦函数（或正弦函数）规律的振动。

**振幅**：振动物体离开平衡位置的最大距离，用符号 *A* 表示。

**周期**：振动物体完成一次全振动所需的时间，用符号 *T* 表示。

**频率**：完成全振动的次数与所用时间之比，用符号 *f* 表示。

**回复力**：振动物体受到的总是指向平衡位置的力。做简谐运动物体所受的回复力与相对平衡位置的位移大小成正比，方向相反。

**单摆做简谐运动的周期**：与摆球的质量和振幅无关，周期与摆长的二次方根成正比，与重力加速度的二次方根成反比。

**共振**：当驱动力的频率 *f* 接近系统做自由振动的频率 *f*0 时，受迫振动的物体振幅剧烈增大的现象。

* 基本方法

经历形成简谐运动概念和建立弹簧振子、单摆模型的过程，感受抽象与建模的方法。

通过实验数据的分析、解释过程，认识将实验数据线性化处理的思想与方法。

* 知识结构图

**复习 巩固**

**与**

*O*

*x*

*t*

图 2–31

* 1. 说说机械振动的运动特征。图 2–31 为某质点运动的位移 *x* 与时间 *t* 的关系，判断该质点是否在做机械振动，为什么？
  2. 某简谐运动的振幅为 4 cm，振动物体在 1.0 s 内通过的路程为 36 m，则简谐运动的频率是多少？
  3. 某弹簧振子做简谐运动，振动物体先后以相同速度通过相距 1.0 cm 的 A、B 两点，历时 0.2 s，再从 B 点回到 A 点的最短时间为 0.4 s。弹簧振子的平衡位置在何处，其运动周期及频率为多少？
  4. 甲、乙两个人先后观察同一弹簧振子在水平面内左右振动情况。已知弹簧振子的振幅为 5 cm，周期为 2 s。设平衡位置右方为 *x* 轴正方向，作 *x*–*t* 坐标如图 2–32（a）、（b）所示，时间轴上每格代表 0.5 s。则：

（1）甲开始观察时，振动物体正好在平衡位置且向右运动，试在图（a）中画出甲观察到的弹簧振子的振动图像。

（2）乙在甲观察 3.5 s 后开始观察并计时，试在图（b）中画出乙观察到的弹簧振子的振动图像。

*O*

*O*

*x*/cm

*t*甲/s

（a）

（b）

图 2–32

*x*/cm

*t*乙/s

* 1. 图 2–33 所示为某人的心电图。如果心电图仪卷动纸带的速度为 1.5 m/min，图中每格的宽度为 5 mm，则由此可估算出此人的心率为多少？

图 2–33

* 1. 某单摆在地球上摆动振幅为 *A* 时，周期为 *T*。当把该单摆放在月球上以 *A* 的振幅摆动时，周期变为多少？（月球的重力加速度大约是地球的 ）
  2. 某弹簧振子在水平方向做简谐运动，以水平向右为位移正方向，振子中的小球沿振动方向运动的最大位移为 3 cm，小球在 2 s 内完成了 10 次全振动。若从小球经过平衡位置时开始计时，经过 周期小球有正向最大加速度。则：

*O*

*x*/cm

*t*/s

图 2–34

（1）弹簧振子做简谐运动的振幅和周期为多少？

（2）在图 2–34 中画出小球的位移 – 时间图像。

（3）写出小球的位移 – 时间关系式。

* 1. 一个做简谐运动的弹簧振子，当 *t* = 0 时小球位于平衡位置。试分别画出弹簧振子的机械能、动能随时间变化的大致图像（一个周期）。
  2. 一位天文学家带着一个摆钟到赤道地区进行天文观测。这个摆钟在启程时调得非常准确，但到了赤道地区后，摆钟却每昼夜慢 2 min。于是他调整摆长，使其恢复准确。当他将摆钟带回出发地时，发现钟又走快了。试对上述事实做出合理的解释。
  3. 如图 2–35 所示，装有砂粒的试管竖直浮于水面上静止。将试管竖直提起少许后由静止释放，可以观察到试管上下振动。试判断这种振动是否为简谐运动，表述论证的思路。



图 2–35

* 1. 将盛有细沙的漏斗吊在支架上，支架下放一块硬纸板演示单摆摆动图像。甲、乙两同学分别得到两个摆中的细沙在各自木板上形成的曲线（图 2–36），板上的直线 *OO*′ 代表时间轴，板上的曲线显示出摆的位移随时间变化的关系。甲和乙拉动硬纸板的速度分别为 *v*1 和 *v*2，且 *v*2 = 2*v*1，根据曲线推测两个摆的振动周期 *T*1 和 *T*2 的大小关系。

*O′*

*O*

甲

*O′*

*O*

乙

图 2–36

* 1. 某课外兴趣小组想做“用单摆测量当地重力加速度的大小”的实验研究。为使实验尽可能准确，他们该如何选择摆球？在实验中，他们通过记录单摆振动 *n* 次所用的时间 *t* 获得了单摆的周期 *T*，多次改变摆长，测得多组周期 *T* 与摆长 *l* 的数据，并据此画出 *T*2–*l* 图像，通过计算获得重力加速度大小。试问，如果摆球选择得不合适，或者摆长测量有误，会对实验结果产生怎样的影响？为何要用 *T*2–*l* 图像来处理实验数据？

## 复习与巩固解读

1．参考解答：机械振动的运动特征是周期性的变加速运动。图 2 – 31 所示的质点的运动符合机械振动的运动特征，是机械振动。

命题意图：认识振动是一种普遍存在的运动类型，了解振动的特点。

主要素养与水平：运动与相互作用观念（Ⅰ）；科学推理（Ⅱ）。

2．参考解答：振动物体 1.0 s 内通过的路程是振幅的 900 倍，即完成 225 次全振动，故频率为 225 Hz。

命题意图：用振动的周期性推理振动的频率。

主要素养与水平：科学推理（Ⅲ）；证据（Ⅱ）。

3．参考解答：根据简谐运动的对称性，平衡位置在 A、B 两点连线的中点。由题意得，=（+ ）s = 0.2 s，则周期 *T* = 0.8 s，频率 *f* = 1.25 Hz。

命题意图：认识振动的周期性、对称性。根据分段描述推断周期。

主要素养与水平：（Ⅲ）；模型建构（Ⅱ）。

4．参考解答：（1）如图 5 所示。

*O*

*x*/cm

*t*甲/s

5

1

3

2

− 5

（2）如图 6 所示。

*O*

*x*/cm

*t*乙/s

5

1

3

2

− 5

命题意图：将文字描述转化为弹簧振子的振动图像，了解振动图像随时间的变化特征。

主要素养与水平：运动与相互作用观念（Ⅲ）；模型建构（Ⅱ）。

5．参考解答：由图 2 – 33 知，纸带移动 15.5 格为 0.077 5 m，历时 *t* = = min ≈ 0.052 min。其间心跳 4 次，心率约为 77 次/min。

命题意图：将心脏的跳动与心电图建立联系，寻找周期运动的特点。

主要素养与水平：运动与相互作用观念（Ⅲ）；模型建构（Ⅳ）。

6．参考解答：单摆摆动周期与振幅无关，与当地重力加速度有关。根据单摆周期公式 *T* = 2π，月球的重力加速度为地球的 ，则该单摆在月球上的周期为 *T*。

命题意图：认识单摆的等时性，了解影响单摆周期的因素。

主要素养与水平：科学推理（Ⅱ）；科学论证（Ⅱ）。

7．参考解答：（1）因振子沿振动方向位移的最大值为 3 cm，即从一侧最大位移处到另一侧最大位移处的距离为 3 cm。振子的振幅 *A* = 1.5 cm，振子的周期 *T* = = 0.2 s。

（2）如图 7 所示。

*O*

*x*/cm

*t*/s

1.5

−1.5

0.1

0.2

（3）*x* = − *A*sin（*t*）= − 0.015sin（10π*t*）（m）

命题意图：将文字描述的简谐运动过程转化为图像，用表达式表示振动过程。

主要素养与水平：模型建构（Ⅲ）；解释（Ⅱ）。

8．参考解答：弹簧振子做简谐运动，只有弹簧弹力做功，系统动能和弹性势能相互转化，系统总的机械能不变。在一个周期内，从平衡位置起计时，动能先减小后增大，再减小、再增大。如图 8 所示。

*O*

*E*k

*t*

*O*

*E*

*t*

(a)

(b)

提示：此处不要求写出动能随时间变化的表达式。

命题意图：从能量观念的角度分析弹簧振子的振动过程。

主要素养与水平：能量观念（Ⅱ）；模型建构（Ⅲ）。

9．参考解答：将摆钟的摆动视为简谐运动，其周期 *T* = 2π。从出发地到赤道地区，同一摆钟，同一摆长，周期变长。由此可推得两地的重力加速度不同，可知赤道地区的重力加速度小于出发地的重力加速度。因此，在赤道应调短摆长，使周期变小，回到出发地应恢复为原摆长。

提示：此处提出的 2 min 仅仅是事实性描写，并不要求进行严格的计算。

命题意图：用单摆做简谐运动的模型对摆钟走时快慢变化的事实做出合理解释。

主要素养与水平：模型建构（Ⅳ）；科学推理（Ⅲ）。

10．参考解答：试管悬浮于水面上，试管所受的重力与浮力平衡，合力为零。设此位置为平衡位置。若试管沿竖直方向偏离平衡位置的位移为 *x*，浮力改变，重力不变，忽略阻力影响。浮力变化量的大小即为试管所受重力和浮力合力的大小，方向始终揩向平衡位置，合力即为回复力。设试管横截面积为 *S*，回复力 *F*回 = − Δ*F*浮 = − *ρgSx*，取 *k* = *ρgS*，则 *F*回 = − *kx* 符合简谐运动的条件，这种振动为简谐运动。

提示：也可拍摄一段视频，分析试管离开平衡位置的 *x* 与时间 *t* 的图像，根据 *x* – *t* 图像是否具有正弦图像的特点来加以论证。

命题意图：能使用恰当的证据，进行分析和推理，表达自己的结论。

主要素养与水平：模型建构（Ⅳ）；科学论证（Ⅲ）。

11．参考解答：沿 OOʹ 拉动纸板运动相同长度 *l* 所用的时间之比为 = = = 2，由图 2 – 36 可知，在运动 *l* 的距离内，甲用时 1 个周期，乙用时 2 个周期，即 = ，结合两式，得 *T*2 = 。

命题意图：从时间和空间两个维度，认识单摆摆动的周期性。

主要素养与水平：模型建构（Ⅳ）；科学推理（Ⅲ）。

12．参考解答：摆球选用体积小、密度大的球。摆球会因为打孔造成质量分布变化，所得图像可能不通过原点，对结果无影响。若某一次摆长测量有误，可能导致该数据点与其他点不在一条直线上。若该点明显偏离，应舍弃，对结果无影响。根据实验数据作 *T* – *l* 图，所得图像不是直线，而 *T*2 – *l* 图像是一条直线，可利用图像的斜率分析重力加速度。用图像可以减小误差对突验结果的影响；也可在刻度尺不够长时，提供正确测量部分摆长来获取数据，通过 *T*2 – *l* 图像分析获得重力加速度。

命题意图：依据已有的方案，能选用合适的实验器材，对方法和结果进行反思和评价。

主要素养与水平：证据（Ⅱ）；质疑创新（Ⅲ）。