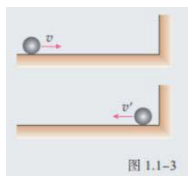


## 第一章动量守恒定律

### 第 1 节动量

例.一个质量为  $0.1\text{kg}$  的钢球，以  $6\text{m/s}$  的速度水平向右运动，碰到坚硬的墙壁后弹回，沿着同一直线以  $6\text{m/s}$  的速度水平向左运动（图 1.1-3）。碰撞前后钢球的动量变化了多少？



1.解答以下三个问题，总结动量与动能概念的不同。

(1) 质量为  $2\text{kg}$  的物体，速度由  $3\text{m/s}$  增大为  $6\text{m/s}$ ，它的动量和动能各增大为原来的几倍？

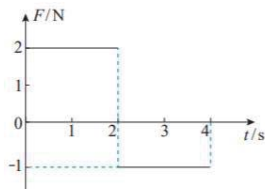
(2) 质量为  $2\text{kg}$  的物体，速度由向东的  $3\text{m/s}$  变为向西的  $3\text{m/s}$ ，它的动量和动能是否发生变化？如果发生变化，变化量各是多少？

(3) A 物体质量是  $2\text{kg}$ ，速度是  $3\text{m/s}$ ，方向向东；B 物体质量是  $3\text{kg}$ ，速度是  $4\text{m/s}$ ，方向向西。它们动量的矢量和是多少？它们的动能之和是多少？

2.一个质量为  $2\text{kg}$  的物体在合力  $F$  的作用下从静止开始沿直线运动。 $F$  随时间  $t$  变化的图像如图 1.1-5 所示。

(1)  $t=2\text{s}$  时物体的动量大小是多少？

(2)  $t=3\text{s}$  时物体的动量大小是多少？



### 第 2 节动量定理

例.一个质量为  $0.18\text{kg}$  的垒球，以  $25\text{m/s}$  的水平速度飞向球棒，被球棒击打后，反向水平飞回，速度的大小为  $45\text{m/s}$ （图 1.2-4）。若球棒与垒球的作用时间为  $0.002\text{s}$ ，球棒对垒球的平均作用力是多大？



1.如图 1.2-6，一物体静止在水平地面上，受到与水平方向成  $\theta$  角的恒定拉力  $F$  作用时间  $t$  后，物体仍保持静止。现有以下看法：

- A. 物体所受拉力  $F$  的冲量方向水平向右
- B. 物体所受拉力  $F$  的冲量大小是  $Ft\cos\theta$
- C. 物体所受摩擦力的冲量大小为  $0$

D. 物体所受合力的冲量大小为 0  
你认为这些看法正确吗？请简述你的理由。

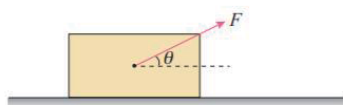


图 1.2-6

2. 体操运动员在落地时总要屈腿（图 1.2-7），这是为什么？



图 1.2-7

3. 如图 1.2-8，用 0.5kg 的铁锤钉钉子，打击前铁锤的速度为 4m/s。打击后铁锤的速度变为 0，设打击时间为 0.01s。

- (1) 不计铁锤所受的重力，铁锤钉钉子的平均作用力是多大？
- (2) 考虑铁锤所受的重力，铁锤钉钉子的平均作用力是多大？
- (3) 你分析一下，在计算铁锤钉钉子的平均作用力时，在什么情况下可以不计铁锤所受的重力。



图 1.2-8

4. 一个质量为 10kg 的物体，以 10m/s 的速度做直线运动，受到一个反向的作用力  $F$ ，经过 4s，速度变为反向 2m/s。这个力是多大？

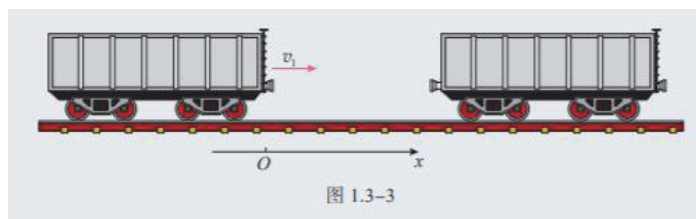
5. 一个质量为 60kg 的蹦床运动员，从离水平网面 3.2m 高处自由下落，着网后沿竖直方向蹦回到离水平网面 5.0m 高处。已知运动员与网接触的时间为 0.8s， $g$  取  $10\text{m/s}^2$ 。

- (1) 求运动员与网接触的这段时间内动量的变化量。
- (2) 求网对运动员的平均作用力大小。
- (3) 求从自由下落开始到蹦回离水平网面 5.0m 高处这一过程中运动员所受重力的冲量、弹力的冲量。

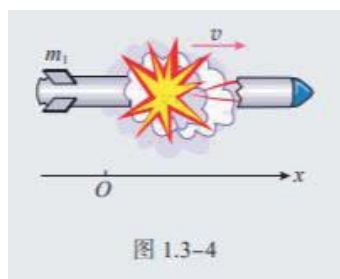
6. 曾经有一则新闻报道，一名 4 岁儿童从 3 层高的楼房掉下来，被一名见义勇为的青年接住。请你估算一下，儿童受到的合力的冲量是多大？设儿童与青年之间的相互作用时间为 0.1s，则儿童受到的合力的平均值有多大？

### 第3节动量守恒定律

例.如图 1.3-3, 在列车编组站里, 一辆质量为  $1.8 \times 10^4 \text{kg}$  的货车在平直轨道上以  $2 \text{m/s}$  的速度运动, 碰上一辆质量为  $2.2 \times 10^4 \text{kg}$  的静止的货车, 它们碰撞后结合在一起继续运动。求货车碰撞后运动的速度。



例.一枚在空中飞行的火箭质量为  $m$ , 在某时刻的速度为  $v$ , 方向水平, 燃料即将耗尽。此时, 火箭突然炸裂成两块 (图 1.3-4), 其中质量为  $m_1$  的一块沿着与  $v$  相反的方向飞去, 速度为  $v_1$ 。求炸裂后另一块的速度  $v_2$ 。



1.甲、乙两人静止在光滑的冰面上, 甲推乙后, 两人向相反方向滑去 (图 1.3-5)。在甲推乙之前, 两人的总动量为 0; 甲推乙后, 两人都有了动量, 总动量还等于 0 吗? 已知甲的质量为  $45 \text{kg}$ , 乙的质量为  $50 \text{kg}$ , 甲的速率与乙的速率之比是多大?

2.在光滑水平面上, A、B 两个物体在同一直线上沿同一方向运动, A 的质量是  $5 \text{kg}$ , 速度是  $9 \text{m/s}$ , B 的质量是  $2 \text{kg}$ , 速度是  $6 \text{m/s}$ 。A 从后面追上 B, 它们相互作用一段时间后, B 的速度增大为  $10 \text{m/s}$ , 方向不变, 这时 A 的速度是多大? 方向如何?

3.质量是  $10 \text{g}$  的子弹, 以  $300 \text{m/s}$  的速度射入质量是  $24 \text{g}$ 、静止在光滑水平桌面上的木块。(1) 如果子弹留在木块中, 木块运动的速度是多大? (2) 如果子弹把木块打穿, 子弹穿过后的速度为  $100 \text{m/s}$ , 这时木块的速度又是多大?

4.某机车以  $0.4 \text{m/s}$  的速度驶向停在铁轨上的 7 节车厢, 与它们对接。机车与第一节车厢相碰后, 它们连在一起具有一个共同的速度, 紧接着又与第二节车厢相碰, 就这样, 直至碰上最后一节车厢。设机车和车厢的质量都相等, 求: 与最后一节车厢碰撞后车厢的速度。铁轨的摩擦忽略不计。

5.甲、乙两个物体沿同一直线相向运动, 甲物体的速度是  $6 \text{m/s}$ , 乙物体的速度是  $2 \text{m/s}$ 。碰撞后两物体都沿各自原方向的反方向运动, 速度都是  $4 \text{m/s}$ 。求甲、乙两物体的质量之比。

6.细线下吊着一个质量为  $m_1$  的静止沙袋, 沙袋到细线上端悬挂点的距离为  $l$ 。一颗质量为  $m$

的子弹水平射入沙袋并留在沙袋中，随沙袋一起摆动。已知沙袋摆动时摆线的最大偏角是 $\theta$ ，求子弹射入沙袋前的速度。

### 第 4 节实验验证动量守恒定律

1.如图 1.4-6 甲，长木板的一端垫有小木块，可以微调木板的倾斜程度，以平衡摩擦力，使小车能在木板上做匀速直线运动。小车 A 前端贴有橡皮泥，后端连一打点计时器纸带，接通打点计时器电源后，让小车 A 以某速度做匀速直线运动，与置于木板上静止的小车 B 相碰并粘在一起，继续做匀速直线运动。打点计时器电源频率为 50Hz，得到的纸带如图 1.4-6 乙所示，已将各计数点之间的距离标在图上。

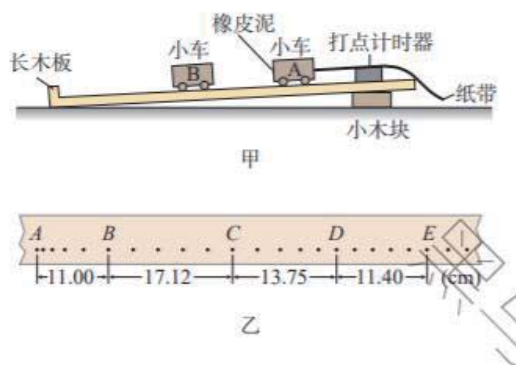


图 1.4-6

(1) 图中的数据有 AB、BC、CD、DE 四段，计算小车 A 碰撞前的速度大小应选哪段？计算两车碰撞后的速度大小应选哪段？为什么？

(2) 若小车 A 的质量为 0.4kg，小车 B 的质量为 0.2kg，根据纸带数据，碰前两小车的总动量是多少？碰后两小车的总动量是多少？

2.某同学用图 1.4-5 所示的实验装置和实验步骤来验证动量守恒定律，小球 1 的质量为  $m_1$ ，它从斜槽上某点滚下，离开斜槽末端时的速度记为  $v_1$ （称为第一次操作）；小球 2 的质量为  $m_2$ ，小球 1 第二次从斜槽上原位置滚下，跟小球 2 碰撞后离开斜槽末端的速度分别记为  $v_1'$  和  $v_2'$ （称为第二次操作）。实验所验证的计算式为  $m_1v_1 = m_1v_1' + m_2v_2'$

(1) 如果第二次操作时，小球 1 从斜槽上开始滚下时位置比原先低一些，这将会影响计算式中哪个或哪几个物理量？如果其他的操作都正确，实验将会得到怎样的结果？说明道理。

(2) 如果在第二次操作时，发现在第一次操作中，槽的末端是不水平的，有些向上倾斜，于是把它调为水平，调整后的斜槽末端离地面高度跟原来相同。然后让小球在斜槽上原标记位置滚下进行第二次操作，分析时仍然和第一次操作的数据进行比较，其他实验操作都正确，且调节斜槽引起小球在空中运动时间的变化可忽略不计。该实验可能会得到怎样的结果，说明道理。



图 1.4-5 参考案例 2 的实验装置

### 第 5 节弹性碰撞和非弹性碰撞

例.如图 1.5-2, 在光滑水平面上, 两个物体的质量都是  $m$ , 碰撞前一个物体静止, 另一个以速度  $v$  向它撞去。碰撞后两个物体粘在一起, 成为一个质量为  $2m$  的物体, 以一定速度继续前进。碰撞后该系统的总动能是否会有损失

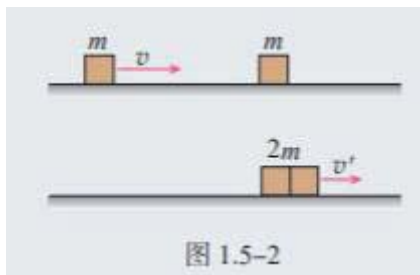


图 1.5-2

1.在气垫导轨上, 一个质量为 400g 的滑块以 15cm/s 的速度与另一质量为 200g、速度为 10cm/s 并沿相反方向运动的滑块迎面相撞, 碰撞后两个滑块粘在一起。

- (1) 求碰撞后滑块速度的大小和方向。
- (2) 这次碰撞, 两滑块共损失了多少机械能?

2.速度为 10m/s 的塑料球与静止的钢球发生正碰, 钢球的质量是塑料球的 4 倍, 碰撞是弹性的, 求碰撞后两球的速度。

3.有些核反应堆里要让中子与原子核碰撞, 以便把中子的速度降下来。为此, 应该选用质量较大的还是质量较小的原子核? 为什么?

4.一种未知粒子跟静止的氢原子核正碰, 测出碰撞后氢原子核的速度是  $3.3 \times 10^7 \text{m/s}$ 。该未知粒子跟静止的氮原子核正碰时, 测出碰撞后氮原子核的速度是  $4.4 \times 10^6 \text{m/s}$ 。已知氢原子核的质量是  $m_H$ , 氮原子核的质量是  $14m_H$ , 上述碰撞都是弹性碰撞, 求未知粒子的质量。这实际是历史上查德威克测量中子质量从而发现中子的实验, 请你根据以上查德威克的实验数据计算: 中子的质量与氢核的质量  $m_H$  有什么关系?

5.质量为  $m$ 、速度为  $v$  的 A 球跟质量为  $3m$  的静止 B 球发生正碰。碰撞可能是弹性的, 也可能是非弹性的, 因此, 碰撞后 B 球的速度可能有不同的值。请你论证: 碰撞后 B 球的速度可能是以下值吗? (1)  $0.6v$ ; (2)  $0.4v$ 。

## 第6节反冲现象火箭

例.质量为  $m$  的人在远离任何星体的太空中,与他旁边的飞船相对静止。由于没有力的作用,他与飞船总保持相对静止的状态。这个人手中拿着一个质量为  $\Delta m$  的小物体。现在他以相对于飞船为  $u$  的速度把小物体抛出(图 1.6-4)。

1.小物体的动量改变量是多少?

2.人的动量改变量是多少?

3.人的速度改变量是多少?



图 1.6-4

1.一架喷气式飞机(图 1.6-7)飞行的速度是  $800\text{m/s}$ , 如果它喷出的气体相对飞机的速度小于  $800\text{m/s}$ , 那么以地面为参考系, 气体的速度方向实际上是与飞机飞行的方向相同的。如果在这种情况下继续喷出气体, 飞机的速度还会增加吗? 为什么?



图 1.6-7

2.一个连同装备共有  $100\text{kg}$  的航天员, 脱离宇宙飞船后, 在离飞船  $45\text{m}$  的位置与飞船处于相对静止的状态(图 1.6-8)。装备中有一个高压气源, 能以  $50\text{m/s}$  的速度喷出气体。航天员为了能在  $10\text{min}$  内返回飞船, 他需要在开始返回的瞬间一次性向后喷出多少气体?



图 1.6-8

3.用火箭发射人造地球卫星, 假设最后一节火箭的燃料用完后, 火箭壳体和卫星一起以



$7.0 \times 10^3 \text{m/s}$  的速度绕地球做匀速圆周运动。已知卫星的质量为  $500 \text{kg}$ ，最后一节火箭壳体的质量为  $100 \text{kg}$ 。某时刻火箭壳体与卫星分离，分离时卫星与火箭壳体沿轨道切线方向的相对速度为  $1.8 \times 10^3 \text{m/s}$ 。试分析计算：分离后卫星的速度增加到多大？火箭壳体的速度是多大？分离后它们将如何运动？

4. 一个士兵坐在皮划艇上，他连同装备和皮划艇的总质量是  $120 \text{kg}$ 。这个士兵用自动步枪在  $2 \text{s}$  内沿水平方向连续射出  $10$  发子弹，每发子弹的质量是  $10 \text{g}$ ，子弹离开枪口时相对步枪的速度是  $800 \text{m/s}$ 。射击前皮划艇是静止的，不考虑水的阻力。

- (1) 每次射击后皮划艇的速度改变多少？
- (2) 连续射击后皮划艇的速度是多大？
- (3) 连续射击时枪所受到的平均反冲作用力是多大？

### 【复习与提高 A 组】

1.  $120 \text{kg}$  的铁锤从  $3.2 \text{m}$  高处落下，打在水泥桩上，与水泥桩撞击的时间是  $0.005 \text{s}$ 。撞击时，铁锤对桩的平均冲击力有多大？ $g$  取  $10 \text{m/s}^2$ 。

2. 两个质量不同而初动量相同的物体，在水平地面上由于摩擦力的作用而停止运动。它们与地面的动摩擦因数相同，请比较它们的滑行时间。

3. 在离地面同一高度有质量相同的三个小球  $a$ 、 $b$ 、 $c$ ， $a$  球以速度  $v_0$  竖直上抛， $b$  球以速度  $v_0$  竖直下抛， $c$  球做自由落体运动，不计空气阻力，三球落地时动量是否相同？从抛出到落地，三球动量的变化量是否相同？

4. 质量为  $0.5 \text{kg}$  的金属小球，以  $6 \text{m/s}$  的速度水平抛出，抛出后经过  $0.8 \text{s}$  落地， $g$  取  $10 \text{m/s}^2$ 。

- (1) 小球抛出时和刚落地时，动量的大小、方向如何？
- (2) 小球从抛出到落地的动量变化量的大小和方向如何？
- (3) 小球在空中运动的  $0.8 \text{s}$  内所受重力的冲量的大小和方向如何？
- (4) 说出你解答上述问题后的认识。

5. 图 1-1 是用木槌把糯米饭打成糍粑的场景，有人据此编了一道练习题：“已知木槌质量为  $18 \text{kg}$ ，木槌刚接触糍粑时的速度是  $22 \text{m/s}$ ，打击糍粑  $0.1 \text{s}$  后木槌静止，求木槌打击糍粑时平均作用力的大小。”解答此题，你是否发现，以上数据所描述的是一个不符合实际的情景。哪些地方不符合实际？



图 1-1

6.  $A$ 、 $B$  两个粒子都带正电， $B$  的电荷量是  $A$  的 2 倍， $B$  的质量是  $A$  的 4 倍。 $A$  以已知速度  $v$  向静止的  $B$  粒子飞去。由于静电力，它们之间的距离缩短到某一极限值后又被弹开，然后各自以新的速度做匀速直线运动。设作用前后它们的轨迹都在同一直线上，计算  $A$ 、 $B$  之间的距离最近时它们各自的速度。

7. 质量为  $m_1$  和  $m_2$  的两个物体在光滑的水平面上正碰，碰撞时间不计，其位移—时间图像如图 1-2 所示。

- (1) 若  $m_1 = 1\text{kg}$ ，则  $m_2$  等于多少？
- (2) 两个物体的碰撞是弹性碰撞还是非弹性碰撞？

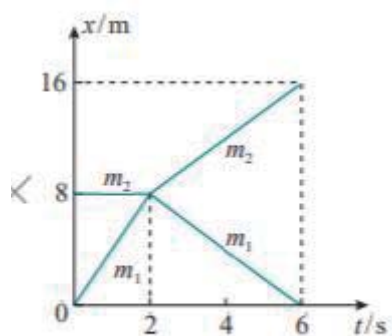


图 1-2

8. 把一个质量为  $0.2\text{kg}$  的小球放在高度为  $5.0\text{m}$  的直杆的顶端 (图 1-3)。一颗质量为  $0.01\text{kg}$  的子弹以  $500\text{m/s}$  的速度沿水平方向击中小球，并穿过球心，小球落地处离杆的距离为  $20\text{m}$ 。 $g$  取  $10\text{m/s}^2$ ，求子弹落地处离杆的距离。

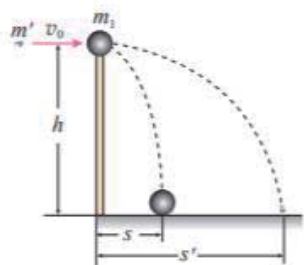


图 1-3

### 【复习与提高 B 组】

1. 物体受到方向不变的力  $F$  作用，其中力的大小随时间变化的规律为  $F = 5t$  ( $F$  的单位是  $\text{N}$ )，求力在  $2\text{s}$  内的冲量大小。

2. 用水平力拉一个质量为  $m$  的物体，使它在水平面上从静止开始运动，物体与水平面间的动摩擦因数为  $\mu$ 。经过时间  $t$  后，撤去这个水平力，物体在摩擦力的作用下又经过时间  $t$  停止运动。求拉力的大小。

3. 城市进入高楼时代后，高空坠物已成为危害极大的社会安全问题。图 1-4 为一则安全警示广告，非常形象地描述了高空坠物对人伤害的严重性。小明同学用下面的实例来检验广告词的科学性：设一个  $50\text{g}$  的鸡蛋从 18 楼的窗户自由落下，相邻楼层的高度差为  $3\text{m}$ ，与地面撞击时鸡蛋的竖直高度为  $5\text{cm}$ ，认为鸡蛋下沿落地后，鸡蛋上沿的运动是匀减速运动，并且上沿运动到地面时恰好静止，以鸡蛋的上、下沿落地的时间间隔作为鸡蛋与地面的撞击时间，



不计空气阻力。试估算从 18 楼下落的鸡蛋对地面的平均冲击力。



图 1-4

4. 水流射向墙壁，会对墙壁产生冲击力。假设水枪喷水口的横截面积为  $S$ ，喷出水流的流速为  $v$ ，水流垂直射向竖直墙壁后速度变为 0。已知水的密度为  $\rho$ ，重力加速度大小为  $g$ ，求墙壁受到的平均冲击力。

5. 长为  $l$ 、质量为  $m$  的小船停在静水中，质量为  $m'$  的人从静止开始从船头走到船尾。不计水的阻力，求船和人对地面位移的大小。

6. 在光滑水平地面上有两个相同的弹性小球  $A$ 、 $B$ ，质量都为  $m$ ，现  $B$  球静止， $A$  球向  $B$  球运动，发生正碰。已知碰撞过程中总机械能守恒，两球压缩最紧时的弹性势能为  $E_p$ ，求碰前  $A$  球的速度。

7. 如图 1-5，光滑水平轨道上放置长板  $A$ （上表面粗糙）和滑块  $C$ ，滑块  $B$  置于  $A$  的左端，三者质量分别为  $m_A=2\text{kg}$ ， $m_B=1\text{kg}$ ， $m_C=2\text{kg}$ 。开始时  $C$  静止， $A$ 、 $B$  一起以  $v_0=5\text{m/s}$  的速度匀速向右运动， $A$  与  $C$  发生碰撞（时间极短）后  $C$  向右运动，经过一段时间， $A$ 、 $B$  再次达到共同速度一起向右运动，且恰好不再与  $C$  碰撞。求  $A$  与  $C$  发生碰撞后瞬间  $A$  的速度大小。

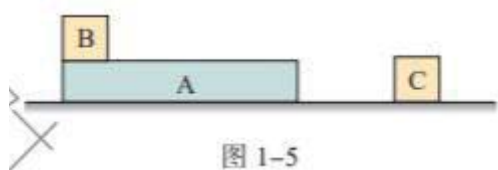


图 1-5

8. 如图 1-6，质量均为  $m$  的木块  $A$  和  $B$ ，并排放置在光滑水平面上， $A$  上固定一竖直轻杆，轻杆上端的  $O$  点系一长为  $l$  的细线，细线另一端系一质量为  $m_0$  的球  $C$ 。现将  $C$  球拉起使细线水平伸直，并由静止释放  $C$  球。求  $A$ 、 $B$  两木块分离时， $A$ 、 $B$ 、 $C$  的速度大小。

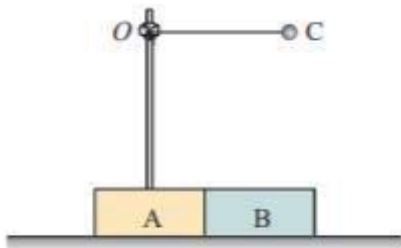


图 1-6

## 第二章机械振动

### 第 1 节简谐运动

1.如图 2.1-5, 两人合作, 模拟振动曲线的记录装置。先在白纸中央画一条直线  $OO'$ , 使它平行于纸的长边, 作为图像的横坐标轴。一个人用手使铅笔尖在白纸上沿垂直于  $OO'$  的方向水平振动, 另一个人沿  $OO'$  的方向匀速拖动白纸, 纸上就画出了一条描述笔尖振动情况的  $x-t$  图像。请完成这个实验, 并解释: 横坐标代表什么物理量? 纵坐标代表什么量? 为什么必须匀速拖动白纸? 如果拖动白纸的速度是  $5 \times 10^{-2} \text{m/s}$ , 在横坐标轴上应该怎样标出坐标的刻度?



图 2.1-5

2.图 2.1-6 是某质点做简谐运动的振动图像。根据图像中的信息, 回答下列问题。

- (1) 质点离开平衡位置的最大距离有多大?
- (2) 在 1.5s 和 2.5s 这两个时刻, 质点的位置在哪里? 质点向哪个方向运动?
- (3) 质点相对于平衡位置的位移方向在哪些时间内跟它的瞬时速度的方向相同? 在哪些时间内跟瞬时速度的方向相反?
- (4) 质点在第 2s 末的位移是多少?
- (5) 质点在前 2s 内运动的路程是多少?

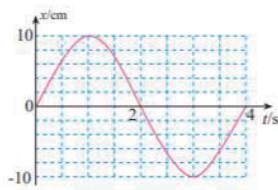


图 2.1-6

## 第 2 节简谐运动的描述

例.如图 2.2-5, 弹簧振子的平衡位置为  $O$  点, 在  $B$ 、 $C$  两点之间做简谐运动。 $B$ 、 $C$  相距  $20\text{cm}$ 。小球经过  $B$  点时开始计时, 经过  $0.5\text{s}$  首次到达  $C$  点。

- (1) 画出小球在第一个周期内的  $x-t$  图像。
- (2) 求  $5\text{s}$  内小球通过的路程及  $5\text{s}$  末小球的位移。

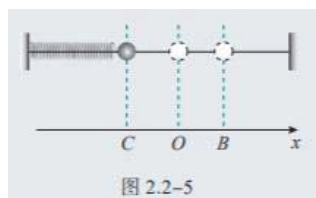


图 2.2-5

1. 一个小球在平衡位置  $O$  点附近做简谐运动, 若从  $O$  点开始计时, 经过  $3\text{s}$  小球第一次经过  $M$  点, 再继续运动, 又经过  $2\text{s}$  它第二次经过  $M$  点; 求该小球做简谐运动的可能周期。

2. 有两个简谐运动:  $x_1=3a\sin(8\pi bt+4)\pi$  和  $x_2=9a\sin(8\pi bt+2)\pi$ , 它们的振幅之比是多少? 它们的频率各是多少?  $t=0$  时它们的相位差是多少?

3. 图 2.2-8 是两个简谐运动的振动图像, 它们的相位差是多少?

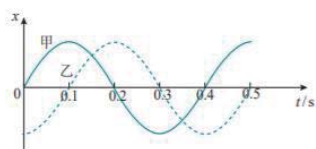


图 2.2-8

4. 有甲、乙两个简谐运动: 甲的振幅为  $2\text{cm}$ , 乙的振幅为  $3\text{cm}$ , 它们的周期都是  $4\text{s}$ , 当  $t=0$  时甲的位移为  $2\text{cm}$ , 乙的相位比甲落后  $4\pi$ 。请在同一坐标系中画出这两个简谐运动的位移—时间图像。

5. 图 2.2-9 为甲、乙两个简谐运动的振动图像。请根据图像写出这两个简谐运动的位移随时间变化的关系式。

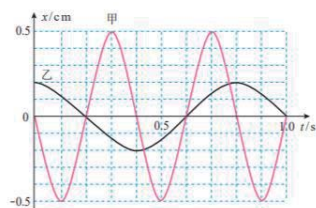


图 2.2-9

### 第 3 节简谐运动的回复力和能量

1. 把图 2.3-2 中倾角为  $\theta$  的光滑斜面上的小球沿斜面拉下一段距离，然后松开。假设空气阻力可忽略不计，试证明小球的运动是简谐运动。

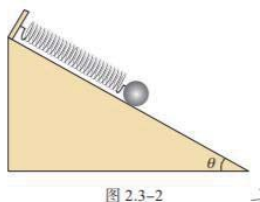


图 2.3-2

2. 若想判定以下振动是不是简谐运动，请你陈述求证的思路（可以不进行定量证明），空气阻力可忽略。

(1) 粗细均匀的一根木筷，下端绕几圈铁丝，竖直浮在较大的装有水的杯中（图 2.3-3）。把木筷往上提起一段距离后放手，木筷就在水中上下振动。

(2) 光滑圆弧面上有一个小球，把它从最低点移开一小段距离，放手后，小球以最低点为平衡位置左右振动（图 2.3-4）。

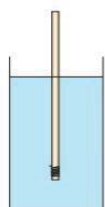


图 2.3-3



图 2.3-4

3. 做简谐运动的物体经过  $A$  点时，加速度的大小是  $2\text{m/s}^2$ ，方向指向  $B$  点；当它经过  $B$  点时，加速度的大小是  $3\text{m/s}^2$ ，方向指向  $A$  点。若  $AB$  之间的距离是  $10\text{cm}$ ，请确定它的平衡位置。

4. 图 2.3-5 为某物体做简谐运动的图像，在  $0\sim 1.5\text{s}$  范围内回答下列问题。

- (1) 哪些时刻物体的回复力与  $0.4\text{s}$  时的回复力相同？
- (2) 哪些时刻物体的速度与  $0.4\text{s}$  时的速度相同？
- (3) 哪些时刻的动能与  $0.4\text{s}$  时的动能相同？
- (4) 哪段时间的加速度在减小？
- (5) 哪段时间的势能在增大？

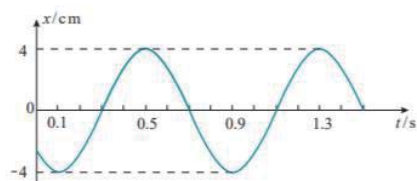


图 2.3-5

### 第 4 节单摆

1. 一个理想单摆，已知其周期为  $T$ 。如果由于某种原因（如转移到其他星球）自由落体加速度变为原来的  $\frac{1}{2}$ ，振幅变为原来的  $\frac{1}{3}$ ，摆长变为原来的  $\frac{1}{4}$ ，摆球的质量变为原来的  $\frac{1}{5}$ ，它的周期变为多少？

2.周期是 2s 的单摆叫秒摆，秒摆的摆长是多少？把一个地球上的秒摆拿到月球上去，已知月球上的自由落体加速度为  $1.6\text{m/s}^2$ ，它在月球上做 50 次全振动要用多少时间？

3.图 2.4-7 是两个单摆的振动图像。

(1) 甲、乙两个摆的摆长之比是多少？

(2) 以向右的方向作为摆球偏离平衡位置的位移的正方向，从  $t=0$  起，乙第一次到达右方最大位移时，甲摆动到了什么位置？向什么方向运动？

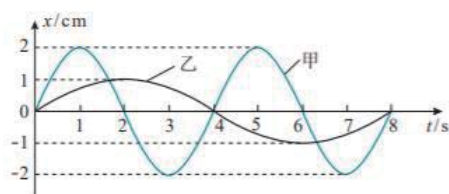


图 2.4-7

4.一条细线下面挂着一个球，让它自由摆动，画出它的振动图像如图 2.4-8 所示。

(1) 请根据图中的数据计算出它的摆长。

(2) 请根据图中的数据估算出它摆动的最大偏角。

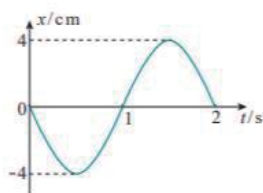


图 2.4-8

### 第 5 节实验用单摆测重力加速度

1.在用单摆测量重力加速度的实验中，下面的叙述哪些是正确的，哪些是错误的？

- A.摆线要选择细些的、伸缩性小些的，并且尽可能长一些
- B.摆球尽量选择质量大些、体积小些的
- C.为了使摆的周期大一些，以方便测量，开始时拉开摆球，使摆角较大
- D.用刻度尺测量摆线的长度  $l$ ，这就是单摆的摆长
- E.释放摆球，从摆球经过平衡位置开始计时，记下摆球做 50 次全振动所用的时间  $t$ ，则单摆周期  $T=50t$

2.某同学在实验探究  $a$ 、 $b$  两个物理量之间的定量关系时，测得了 6 组实验数据如下表所示，它们的单位为  $P$ 、 $Q$ 。请用图像（图 2.5-4）处理实验数据，寻找它们之间的定量关系，根据图像推出  $a$ 、 $b$  之间关系的表达式，如果有常数，写出常数的数值和单位。

$a/P$	0.5	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5
$b/Q$	1.42	1.79	1.90	2.00	2.20	2.45

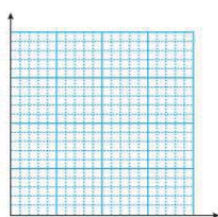


图 2.5-4

## 第 6 节 受迫振动共振

1.如图 2.6-6，一个竖直圆盘转动时，固定在圆盘上的小圆柱带动一个 T 形支架在竖直方向振动，T 形支架下面系着一个弹簧和小球组成的振动系统，小球浸没在水中。当圆盘静止时，让小球在水中振动，其阻尼振动的频率约为 3Hz。现使圆盘以 4s 的周期匀速运动，经过一段时间后，小球振动达到稳定，它振动的频率是多少？

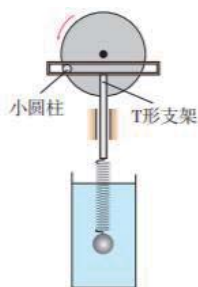


图 2.6-6

2.如图 2.6-7，张紧的水平绳上吊着 A、B、C 三个小球。B 球靠近 A 球，但两者的悬线长度不同；C 球远离 A 球，但两者的悬线长度相同。

- (1) 让 A 球在垂直于水平绳的方向摆动，在起初一段时间内将会看到 B、C 球有什么表现？
- (2) 在 C 球摆动起来后，用手使 A、B 球静止，然后松手，在起初一段时间内又将看到 A、B 球有什么表现？

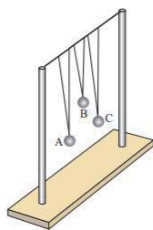


图 2.6-7

3.汽车的车身是装在弹簧上的，某车的车身—弹簧系统的固有周期是 1.5s。这辆汽车在一条起伏不平的路上行驶，路面凸起之处大约都相隔 8m。汽车以多大速度行驶时，车身上下颠簸得最剧烈？

4.图 2.6-8 是一个单摆的共振曲线。(1) 试估计此单摆的摆长。(2) 若摆长增大，共振曲线振幅最大值所对应的横坐标将怎样变化？



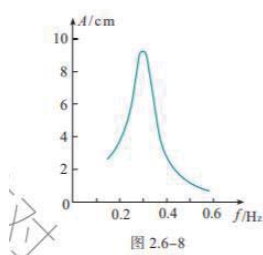


图 2.6-8

5.图 2.6-9 是单摆做阻尼振动的位移—时间图像, 请比较摆球在 P 与 N 时刻的势能、动能、机械能的大小。

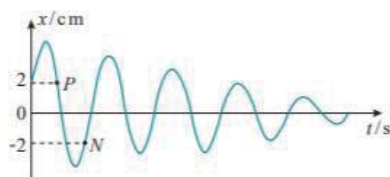


图 2.6-9

### 【复习与提高 A 组】

- 1.做简谐运动的质点在通过平衡位置时, 哪些物理量分别具有最大值和最小值?
- 2.某一弹簧振子完成 10 次全振动需要 2s 的时间, 在此 2s 的时间内通过的路程是 80cm。求此弹簧振子的振幅、周期和频率。
- 3.如图 2-1, 滑块在 M、N 之间做简谐运动。以平衡位置 O 为原点, 建立 Ox 轴, 向右为 x 轴正方向。若滑块位于 N 点时开始计时, 试画出其振动图像。

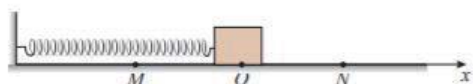


图 2-1

- 4.一座摆钟走得慢了, 要把它调准, 应该怎样改变它的摆长? 为什么?
- 5.如图 2-2, 小球在半径为 R 的光滑球面上的 A、B 之间来回运动。若  $AB \ll R$ , 试证明小球的运动是简谐运动, 并求出其振动的频率。

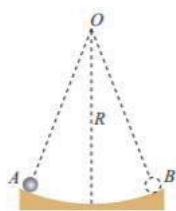
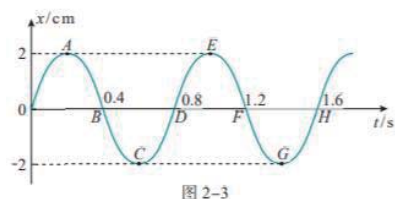


图 2-2

6.使悬挂在长绳上的小球偏离平衡位置一个很小的角度，然后放开它，同时使另一个小球从静止开始由悬点自由下落。哪一个小球先到达第一个小球的平衡位置？

7.图 2-3 是某简谐运动的振动图像，试根据图像回答下列问题。

(1) 该简谐运动的振幅、周期、频率各是多大？(2) 从 C 点算起，到曲线上的哪一点，表示完成了一次全振动？(3) 曲线上 A、B、C、D、E、F、G、H 各点中，哪些点表示振子的动能最大，哪些点表示振子的势能最大？



### 【复习与提高 B 组】

1.一个单摆完成 10 次全振动的时间是 40s，摆球的质量为 0.2kg，它振动到最大位移时距最低点的高度为 1.5cm，它完成 10 次全振动回到最大位移时，距最低点的高度变为 1.2cm。如果每完成 10 次全振动给它补充一次能量，使摆球回到原来的高度，在 200s 内总共应补充多少能量？

2.一个单摆在质量为  $m_1$ 、半径为  $R_1$  的星球上做周期为  $T_1$  的简谐运动，在质量为  $m_2$ 、半径为  $R_2$  的星球上做周期为  $T_2$  的简谐运动。求  $T_1$  与  $T_2$  之比。

3.某同学用单摆测重力加速度。实验时改变摆长，测出几组摆长  $l$  和对应的周期  $T$  的数据，作出  $l-T^2$  图像，如图 2-4 所示。

(1) 利用 A、B 两点的坐标可求得重力加速度  $g$ ，请写出重力加速度的表达式。

(2) 本实验用  $l-T^2$  图像计算重力加速度，是否可以消除因摆球质量分布不均匀而造成的测量误差？请说明道理。

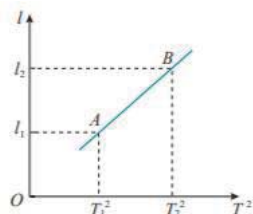


图 2-4

4.图 2-5 是一个弹簧振子的振动图像，试完成以下问题。

(1) 写出该小球位移随时间变化的关系式。

(2) 在第 2s 末到第 3s 末这段时间内，小球的加速度、速度、动能和弹性势能各是怎样变化的？

(3) 该小球在第 100s 时的位移是多少？路程是多少？

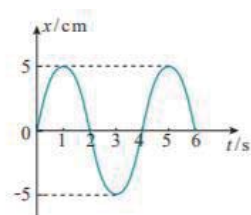


图 2-5

5.如图 2-6 甲,  $O$  点为单摆的固定悬点, 将力传感器接在摆球与  $O$  点之间。现将摆球拉到  $A$  点, 释放摆球, 摆球将在竖直面内的  $A$ 、 $C$  之间来回摆动, 其中  $B$  点为运动中的最低位置。图 2-6 乙表示细线对摆球的拉力大小  $F$  随时间  $t$  变化的曲线, 图中  $t=0$  为摆球从  $A$  点开始运动的时刻,  $g$  取  $10\text{m/s}^2$ 。

- (1) 求单摆的振动周期和摆长。
- (2) 求摆球的质量。
- (3) 求摆球运动过程中的最大速度。

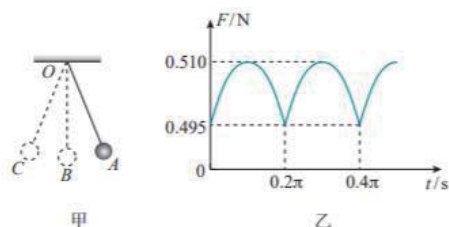


图 2-6

6.把一个筛子用四根弹簧支撑起来, 筛子上装一个电动偏心轮, 它每转一周, 给筛子一个驱动力, 这就做成了一个共振筛, 如图 2-7 甲所示。该共振筛的共振曲线如图 2-7 乙所示。已知增大电压, 可使偏心轮转速提高, 增加筛子质量, 可增大筛子的固有周期。现在, 在某电压下偏心轮的转速是  $54\text{r/min}$ 。为了使筛子的振幅增大, 请提出两种方案。

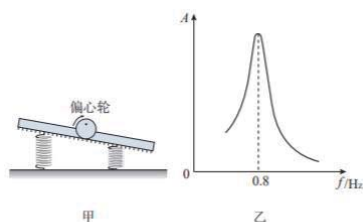


图 2-7

## 第三章 机械波

### 第 1 节 波的形成

1.举出一个生活中的例子, 说明机械波是“质点振动”这种运动形式在介质中的传播, 质点并没迁移。2.图 3.1-6 是以质点  $P$  为波源的机械波在绳上传到质点  $Q$  时的波形。

- (1) 请判断此机械波的类型。
- (2)  $P$  点从平衡位置刚开始振动时, 是朝着哪个方向运动的?

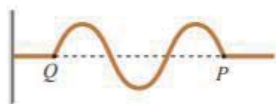


图 3.1-6

3.图 3.1-7 是某绳波形成过程的示意图。质点 1 在外力作用下沿竖直方向做简谐运动，带动 2, 3, 4, ...各个质点依次上下振动，把振动从绳的左端传到右端。已知  $t=0$  时，质点 1 开始向上运动； $t=T/4$  时，1 到达最上方，5 开始向上运动。

- (1)  $t=T/2$  时，质点 8、12、16 的运动状态如何？
- (2)  $t=3T/4$  时，质点 8、12、16 的运动状态如何？
- (3)  $t=T$  时，质点 8、12、16 的运动状态如何？

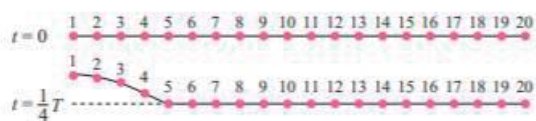


图 3.1-7

## 第 2 节 波 的 描 述

例 题.图 3.2-5 中的实线是一列正弦波在某一时刻的波形图。经过 0.5s 后，其波形如图中虚线所示。设该波的周期  $T$  大于 0.5s。

- (1) 如果波是向左传播的，波的速度是多大？波的周期是多大？
- (2) 如果波是向右传播的，波的速度是多大？波的周期是多大？

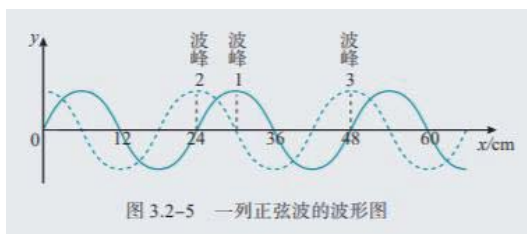


图 3.2-5 一列正弦波的波形图

1.图 3.2-6 为一列沿  $x$  轴正方向传播的简谐波在初始时刻的波形，试画出该简谐波经过极短一段时间后的波形图，并确定初始时刻图中  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  四个质点的振动方向及这段时间内质点速度大小的变化情况。

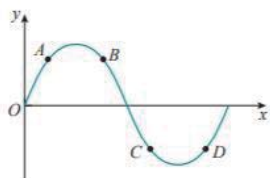


图 3.2-6

2.简谐横波某时刻的波形如图 3.2-7 所示， $P$  为介质中的一个质点，波沿  $x$  轴的正方向传播。

- (1) 此时刻与  $T/4$  时刻，质点  $P$  的速度与加速度的方向各是怎样的？
- (2) 经过一个周期，质点  $P$  通过的路程为多少？
- (3) 有同学说由此时刻起经过  $T/4$  后，质点  $P$  通过的路程为  $A_0$ ，你认为这种说法对吗？

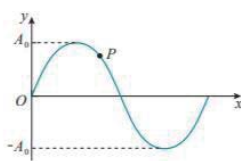


图 3.2-7

3.图 3.2-8 是一列波的图像。

- (1) 如果波沿着  $x$  轴的正方向传播,  $K$ 、 $L$ 、 $M$  三个质点, 哪一个最先回到平衡位置?
- (2) 如果波沿着  $x$  轴的负方向传播,  $K$ 、 $L$ 、 $M$  三个质点, 哪一个最先回到平衡位置?

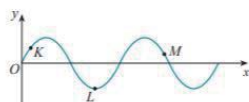


图 3.2-8

4.一列横波某时刻的波形如图 3.2-9 甲所示, 图 3.2-9 乙表示介质中某质点此后一段时间内的振动图像。

- (1) 若波沿  $x$  轴的正方向传播, 图乙为  $K$ 、 $L$ 、 $M$ 、 $N$  四点中哪点的振动图像?
- (2) 若波沿  $x$  轴的负方向传播, 图乙为  $K$ 、 $L$ 、 $M$ 、 $N$  四点中哪点的振动图像?

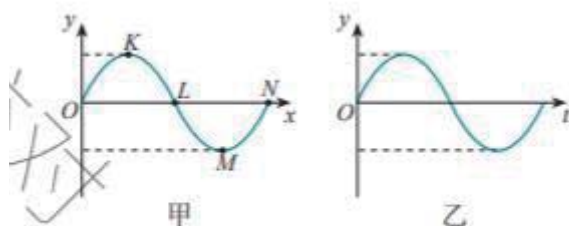


图 3.2-9

5.在空气中波长为  $1\text{m}$  的声波, 由空气传入水中, 声波在水中的频率和波长各是多少? (此时温度为  $0^\circ\text{C}$ )

0 $^\circ\text{C}$ 时几种介质中的声速 $v/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	
空气	332
水	1 450
铜	3 800
铁	4 900
玻璃	5 000 ~ 6 000
松木	约 3 320
软木	430 ~ 530
橡胶	30 ~ 50

6.湖面上停着  $A$ 、 $B$  两条小船, 它们相距  $20\text{m}$ 。一列水波正在湖面上沿  $AB$  连线的方向传播, 每条小船每分钟上下浮动 20 次。当  $A$  船位于波峰时,  $B$  船在波谷, 两船之间还有一个波峰。求水波的波速。

### 第3节 波的反射、折射和衍射

1.蝙蝠是通过声波的反射来判断前方是否有障碍物的。科学家在蝙蝠飞行的空间里横跨了很多系有铜铃的绳索，蝙蝠黑暗中在此空间飞行时不会碰撞这些绳索而导致铜铃发声。据此，你认为蝙蝠发出的声波频率应该具有怎样的特征？尽可能用数量级来描述你的估算。

2.操场上的喇叭正在播放音乐，有高音也有低音。走到离操场不远的教学大楼后面，听到喇叭播放的音乐声有所减弱。是高音还是低音减弱得明显一些？为什么？

3.如图 3.3-5，挡板  $M$  是固定的，挡板  $N$  可以上下移动。现在把  $M$ 、 $N$  两块挡板中的空隙当作一个“小孔”做水波的衍射实验，出现了图示中的图样， $P$  点的水没有振动起来。为了使挡板左边的振动传到  $P$  点，可以采用什么办法？

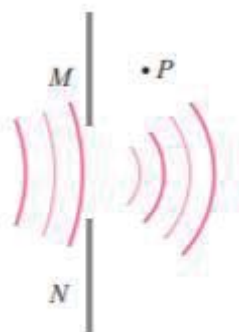


图 3.3-5

### 第4节 波的干涉

1.图 3.4-6 表示两列频率相同的横波相遇时某一时刻的情况，实线表示波峰，虚线表示波谷。

(1) 描述一个周期内  $M$ 、 $N$  两个质点的运动情况。

(2) 用空心小圆圈把半个周期后图中具有最大正位移的点标出来，用实心小圆点把半个周期后图中具有最大负位移的点标出来。

(3) 把图中比较“平静”的地方用虚线标出来。

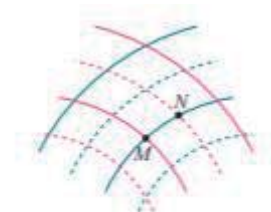


图 3.4-6

2.在图 3.4-6 所描述的时刻， $M$  是波峰与波峰相遇的点，是凸起最高的位置之一。

(1) 随着时间的推移，这个凸起最高的位置在向哪个方向移动？是不是  $M$  质点在向那个方向迁移？ $M$  质点在哪个方向上运动？

(2) 指出图中哪个位置是凹下最低的位置（只需指出一个）。随着时间的推移，这个凹下最



低的位置在向哪个方向移动？

(3) 由图中时刻经过  $T/4$  时， $M$  质点的位移有什么特点？

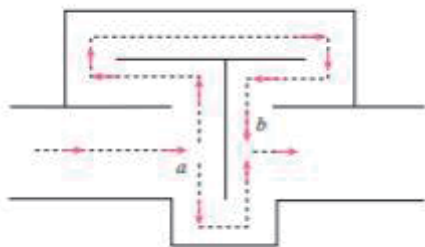


图 3.4-7

3. 消除噪声污染是当前环境保护的一个重要课题，内燃机、通风机等在排放各种高速气流的过程中都会发出噪声，图 3.4-7 所示的消声器可以用来削弱高速气流产生的噪声。波长为  $\lambda$  的声波沿水平管道自左向右传播，在声波到达  $a$  处时，分成上下两束波，这两束声波在  $b$  处相遇时可削弱噪声。试说明该消声器的工作原理及要达到良好的消声效果必须满足的条件。

4. 波源  $S_1$  和  $S_2$  振动方向相同，频率均为  $4\text{Hz}$ ，分别置于均匀介质中的  $A$ 、 $B$  两点处， $AB=1.2\text{m}$ ，如图 3.4-8 所示。两波源产生的简谐横波沿直线  $AB$  相向传播，波速为  $4\text{m/s}$ 。已知两波源振动的初始相位相同，求  $A$ 、 $B$  间合振动振幅最小的点的位置。



图 3.4-8

### 第 5 节多普勒效应

1. 为了理解多普勒效应，可以设想一个抛球的游戏（图 3.5-5）。设想甲每隔  $1\text{s}$  向乙抛一个球，如果甲、乙都站着不动，乙每隔  $1\text{s}$  接到一个球。如果甲抛球时仍然站着不动，而乙以一定速度向甲运动，这时乙接球的时间间隔是否还是  $1\text{s}$ ？如果乙靠向甲的速度增大，乙接球的时间间隔是否会有变化？



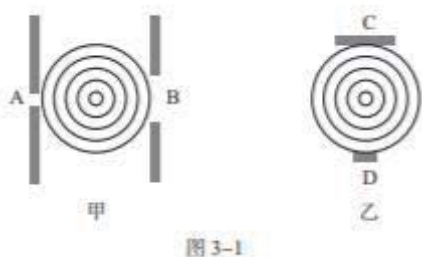
2.火车上有一个声源发出频率一定的乐音。当火车静止、观察者也静止时，观察者听到并记住了这个乐音的音调。以下哪种情况中，观察者听到这个乐音的音调比原来低？请解释原因。

- A.观察者静止，火车向他驶来
- B.观察者静止，火车离他驶去
- C.火车静止，观察者乘汽车向着火车运动
- D.火车静止，观察者乘汽车远离火车运动

3.在网络搜索引擎上键入“多普勒效应”一词，查找多普勒效应的应用，并写出一篇介绍文章，全班同学进行交流。

### 复习与提高 A 组

1.向水面上扔一个石块，形成如图 3-1 所示的波形，已知相邻实线间的距离等于一个波长，不考虑水波的反射，试大致画出水波通过图 3-1 甲的孔 A 和 B 以及遇到图 3-1 乙中障碍物 C 和 D 之后的传播情况。



2.第一次测定声音在水中的传播速度是 1827 年在日内瓦湖上进行的，现有两位同学模拟当

年情景（图 3-2）：两条船相距 14km，一位同学在一条船上敲响水里的一口钟，同时点燃船上的火把使其发光；另一条船上的同学在看到火把发光后 10s，通过水里的听音器听到了水下的钟声。试根据这些数据计算水中的声速。



图 3-2

3. 图 3-3 的横波正在沿  $x$  轴的正方向传播，波速为  $0.5\text{m/s}$ ，分别画出经过 1s 和 4s 时刻的两个波形图。

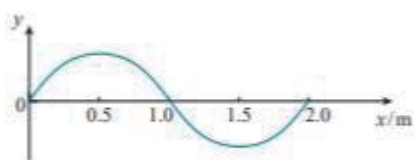


图 3-3

4. 一列简谐横波在  $t=0$  时的波形图如图 3-4 所示。介质中  $x=2\text{m}$  处的质点  $P$  沿  $y$  轴方向做简谐运动的表达式为  $y=10\sin(5\pi t)$  ( $y$  的单位是  $\text{cm}$ )。

- (1) 由图确定这列波的波长  $\lambda$  与振幅。
- (2) 求出这列波的波速。
- (3) 试判定这列波的传播方向。

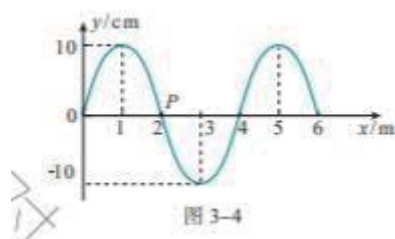


图 3-4

5. 某波源  $S$  发出一列简谐横波，波源  $S$  的振动图像如图 3-5 所示。在波的传播方向上有  $A$ 、 $B$  两点，它们到  $S$  的距离分别为  $45\text{m}$  和  $55\text{m}$ 。测得  $A$ 、 $B$  两点开始振动的的时间间隔为  $1.0\text{s}$ 。(1) 求这列波的波长  $\lambda$ 。(2) 当  $B$  点离开平衡位置的位移为  $6\text{cm}$  时， $A$  点离开平衡位置的位移是多少？

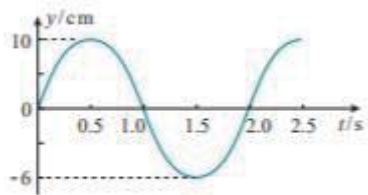


图 3-5

### 复习与提高 B 组

1.如图 3-6 甲, 两列沿相反方向传播的横波, 形状相当于正弦曲线的一半, 上下对称, 其振幅和波长都相等。它们在相遇的某一时刻会出现两列波“消失”的现象, 如图乙。请判断: 从此时刻开始  $a$ 、 $b$  两质点将向哪个方向运动?

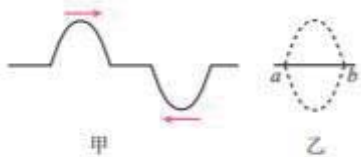


图 3-6

2.振源  $A$  从 0 时刻开始带动细绳上各点上下做简谐运动, 振幅为 0.2m。0.4s 时绳上形成的波形如图 3-7 所示。规定向上为质点振动位移的正方向, 试画出  $A$  点的振动图像。



图 3-7

4.如图 3-9,  $S$  点是波源, 振动频率为 100Hz, 产生的简谐波向右传播, 波速为 80m/s。波在传播过程中经过  $P$ 、 $Q$  两点, 已知  $SP$  为 4.2m,  $SQ$  为 5.4m。

(1) 在某一时刻  $t$ , 当  $S$  点通过平衡位置向上运动时,  $P$  点和  $Q$  点是处于波峰还是处于波谷, 或者处于其他位置?

(2) 取时刻  $t$  为时间的起点, 分别作出  $S$ 、 $P$ 、 $Q$  三点的振动图像。



图 3-9

5.在学校运动场上 50m 直跑道的两端, 分别安装了由同一信号发生器带动的两个相同的扬声器。两个扬声器连续发出波长为 5m 的声波。一同学从该跑道的中点出发, 向某一端点缓慢行进 10m。求在此过程中他听到扬声器声音由强变弱的次数?

6.如图 3-10, 一列简谐横波在  $x$  轴上传播, 图甲和图乙分别为  $x$  轴上  $a$ 、 $b$  两质点的振动图像, 且  $x_{ab}$  为 6m。试求出这列波的波长与波速?

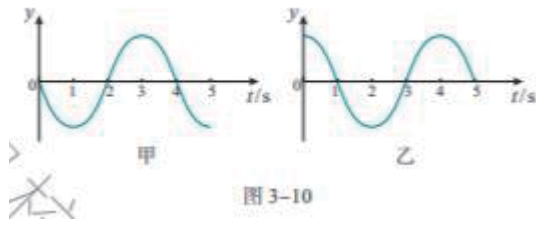


图 3-10

7. 两列简谐横波分别沿  $x$  轴正方向和负方向传播, 两波源分别位于  $x = -0.2\text{m}$  和  $x = 1.2\text{m}$  处, 两列波的波速均为  $0.4\text{m/s}$ , 波源的振幅均为  $2\text{cm}$ 。图 3-11 为  $0$  时刻两列波的图像, 此刻平衡位置在  $x = 0.2\text{m}$  和  $x = 0.8\text{m}$  的  $P$ 、 $Q$  两质点刚开始振动。质点  $M$  的平衡位置处于  $x = 0.5\text{m}$  处。(1) 求两列波相遇的时刻。

(2) 求  $1.5\text{s}$  后质点  $M$  运动的路程。

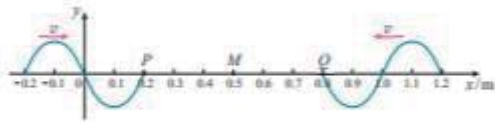


图 3-11