

函授试用教材

物理学习题解答

力学部分

华南师范学院物理系函授教研室编

函授试用教材

力学习题解答

华南师范学院物理系函授教研室编

编 者 的 话

本习题解答共分为力学习题解答及力学补充题解答两部分,包括:运动学、动力学、静力学、流体力学、振动和波及刚体力学等部分习题。它主要适用于函授物理专业,也可作为高中物理教学的参考。

由于我们水平有限,经验不足,编写时间仓促,错误之处在所难免,恳请广大教师和读者提出批评和修改意见。

本书由谢德民执笔。

一九八一年一月

目 录

第一部分 力学习题解答

第一章	机械运动	1
第二章	运动定律	12
第三章	物体的平衡	26
第四章	功和能	51
第五章	曲线运动	70
第六章	万有引力	81
第七章	流体力学	91
第八章	机械振动和机械波	112
第九章	刚体的转动	122

第二部分 力学补充题解答

第一章	机械运动	133
第二章	运动定律	158
第三章	物体的平衡	189
第四章	功和能	212
第五章	曲线运动	242
第六章	万有引力	282
第七章	流体力学	293
第八章	机械振动和机械波	321
第九章	刚体的转动	354

第一部分 力学习题解答

第一章 机械运动

习 题

1.1. 举出在农业生产中,物体作机械运动的几个例子。

答:在农业生产中,物体作机械运动有:牛在田里犁田。挖河泥时,河泥在铁锹上被抛出时的运动。人挑着谷子走动。运肥的板车在路上运动等等。

1.2. 试说明下列物体的运动是属于哪一种的运动。

- (1) 育秧时撒出的种子; (2) 离心泵出水管流出的水;
(3) 车床上卡盘的运动; (4) 牛头刨床上刨刀的运动。

答: (1) 育秧时撒出的种子作曲线运动(确切地说,作抛物线运动); (2) 离心泵出水管流出的水作曲线运动(确切地说,作抛物线运动); (3) 车床上的卡盘作曲线运动(圆周运动); (4) 牛头刨床上的刨刀作往复变速直线运动。

1.3. 运粮的大板车在笔直平坦的公路上运动,路旁的人看到车身的运动是什么运动?看到车轮的运动是什么运动?车轮对于车轴的运动又是什么运动?

答:大板车在笔直平坦的公路上运动,路旁的人看到车身的运动和车轮轴心的运动是直线运动。看到车轮轴心外任

何一点的运动是曲线运动（确切地说，车轮上任何一点相对于地面的运动是作旋轮线运动）。车轮对于车轴的运动是作圆周运动。

1.4. 有三个观察者，一人站在公路旁边，其他两人分别坐在异向开行的汽车上，这两辆汽车运动的快慢相同，问这三个人观察的结果怎样？

答：设甲观察者坐在甲汽车上，甲汽车从左向右开行。乙观察者坐在乙汽车上，乙汽车从右向左开行。丙观察者站在公路旁边，他以地面为参照物，认为甲车从左向右运动，乙车则从右向左运动。甲观察者是以甲车为参照物，认为乙车向左方运动，公路旁边的丙观察者也向左方运动。乙观察者是以乙车为参照物，认为甲车向着右方运动，丙观察者也向着右方运动。

1.5. 拖拉机在公路上匀速地开行，它在5分钟内走过的路程是540米，问它在0.5小时内所通过的路程是多少？

【解】拖拉机的速度 $v = \frac{S_1}{t_1} = \frac{540}{5}$ 米/分 = 108米/分。

因拖拉机作匀速直线运动，应用公式 $S = vt$ ， $t = 0.5$ 小时 = 30分，

故 $S = vt = 108 \text{米/分} \times 30 \text{分} = 3240 \text{米}$ 。

1.6. 手扶拖拉机在田里旋耕碎土，旋耕的宽度是60厘米，旋耕的速度是2.23公里/小时，问它在2小时内可以碎土多少亩？（1平方米 = 0.0015亩）

【解】设手扶拖拉机旋耕的宽度 $l = 60 \text{厘米} = 0.6 \text{米}$ ，旋耕的速度 $v = 2.23 \text{公里/小时} = 2230 \text{米/小时}$ 。则手扶拖拉机每小时旋耕面积 $A = 0.6 \times 2230 \text{米}^2$ 。

故手扶拖拉机在2小时内碎土面积 = $2 \times 0.6 \times 2230 \text{米}^2$

$$= 2 \times 0.6 \times 2230 \times 0.0015 \text{ 亩}$$

$$= 4.014 \text{ 亩}。$$

1.7. 运粮的自行车，从生产队出发，在公路上以速度为 3 米/秒匀速地行驶，经过 1 小时后，生产队第二辆运粮自行车以速度为 5 米/秒匀速地追赶。问需要多少时间，两辆自行车同时相遇，这时他们所走的路程是多少？

【解】设两辆自行车经过 t 小时后相遇，这时第一辆自行车所走的路程 $S = 3 \text{ 米/秒} \times 1 \text{ 小时} + 3t$ ；第二辆自行车所走的路程 $S = 5t$ ，则

$$S = 3 \times 1 + 3t = 5t,$$

$$5t - 3t = 3,$$

$$2t = 3,$$

$$t = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ (小时)}。$$

$$\begin{aligned} \text{两辆自行车所走的路程 } S &= 5t = 5 \text{ 米/秒} \times 1.5 \text{ 小时} \\ &= 5 \text{ 米/秒} \times 1.5 \times 3600 \text{ 秒} \\ &= 27000 \text{ 米} = 27 \text{ 公里}。 \end{aligned}$$

1.8. 有一运载农产品的木船，顺着河流从公社到城镇，要走 3 小时，逆水返回时要走 6 小时，如果木船不摇橹开行，问它由公社至城镇这段路程顺流漂行，需要多少时间？

【解】设公社至城镇的路程为 S ，水流的速度为 v_0 ，木船本身的速度为 v 。根据题意，顺流时木船所走的路程 $S = (v + v_0) \times 3$ ，逆流时木船所走的路程 $S = (v - v_0) \times 6$ ，那么

$$(v + v_0) \times 3 = (v - v_0) \times 6,$$

$$v + v_0 = 2(v - v_0),$$

$$\therefore 3v_0 = v_0$$

若木船不摇橹开行，由公社至城镇顺流漂行所需要的时间为 t ，木船所走的路程为

$$S = v_0 t = (v + v_0) \times 3,$$

$$\text{故 } v_0 t = (v + v_0) \times 3 = (3v_0 + v_0) \times 3 = 4v_0 \times 3,$$

$$\therefore t = \frac{12v_0}{v_0} = 12(\text{小时}).$$

习 题

1.9. 在物体作匀速直线运动的情况下，问匀速运动的速度、平均速度和即时速度的大小是否相同？为什么？

答：当物体作匀速直线运动时，则它的匀速运动的速度、平均速度和即时速度的大小都相等。匀速直线运动的特征就是某一时刻（或某一位置）的即时速度都相同，但匀速运动的速度和平均速度就是物体通过的路程跟通过这段路程所用的时间的比值，所有这些数值跟即时速度的数值是一样的。

1.10. 骑自行车的人作匀加速运动，由静止开始，第一秒末的即时速度 $v_1 = 1.5$ 米/秒。求：（1）第二秒末及第三秒末的即时速度；（2）在这段时间内的平均速度。

【解】（1）因自行车作匀加速运动，已知初速 $v_0 = 0$ ，第一秒末的即时速度 $v_1 = 1.5$ 米/秒，所以自行车的加速度

$$a = \frac{v_1 - v_0}{t} = \frac{1.5 - 0}{1} \text{ 米/秒}^2 = 1.5 \text{ 米/秒}^2. \text{ 将 } a = \frac{v - v_0}{t} \text{ 公式转}$$

变为 $v = v_0 + at$ 形式，故

第二秒末的即时速度 $v_2 = v_0 + at_2 = 0 + 1.5 \text{ 米/秒}^2 \times 2 \text{ 秒}$
 $= 3 \text{ 米/秒},$

第三秒末的即时速度 $v_3 = v_0 + at_3 = 0 + 1.5 \text{ 米/秒}^2 \times 3 \text{ 秒}$
 $= 4.5 \text{ 米/秒}。$

(2) 在这种情况下, 自行车有四个即时速度, 即
 $v_0 = 0, v_1 = 1.5 \text{ 米/秒}, v_2 = 3 \text{ 米/秒}, v_3 = 4.5 \text{ 米/秒}。$ 我们可把四个即时速度相加, 然后除以 4, 便可得出它的平均速度 $\bar{v} = \frac{0 + 1.5 + 3 + 4.5}{4} = 2.25 \text{ (米/秒)}。$

1·11. 拖拉机速度达到 12 公里/小时 时, 开始以 -0.6 米/秒^2 作匀减速运动, 问经过多长时间之后, 拖拉机的速度等于最初速度的 $\frac{1}{3}$?

【解】拖拉机的初速度 $v_0 = 12 \text{ 公里/小时}$

$$= 12 \times \frac{1000}{3600} \text{ 米/秒} = \frac{10}{3} \text{ 米/秒},$$

$$\text{末速度 } v_t = \frac{1}{3} v_0 = \frac{1}{3} \times \frac{10}{3} \text{ 米/秒} = \frac{10}{9} \text{ 米/秒},$$

$a = -0.6 \text{ 米/秒}^2$ 。应用加速度公式 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$, 得

$$t = \frac{v_t - v_0}{a} = \frac{\frac{10}{9} - \frac{10}{3}}{-0.6} = \frac{(10 - 30)}{-0.6 \times 9} \approx 3.7 \text{ (秒)}。$$

1·12. 有两辆拖拉机在公路上, 以相同的加速度作匀加速运动, 已知第一辆拖拉机的初速度为 v_0 , 经过 t 小时后, 它的末速度为 v_t , 第二辆拖拉机从静止开始, 经过时间 $t' = 2t$ 后它的末速度为 v_0 , 问第一辆拖拉机的末速度 v_t 是多少?

【解】根据题意第一辆拖拉机的加速度 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ ，第二辆拖拉机的初速度 $v_0' = 0$ ，末速度 $v_t' = v_0$ ，时间 $t' = 2t$ ，它的加速度 $a = \frac{v_0}{2t}$ 。则

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{v_0}{2t},$$

$$\frac{v_t - v_0}{t} = \frac{v_0}{2t},$$

$$2(v_t - v_0) = v_0,$$

$$v_t = \frac{3}{2}v_0.$$

习 题

1·13. 运货的自行车，由静止开始作匀加速运动，在30秒钟内走了180米，问自行车在开始运动后的前10秒钟内所通过的路程是多少？

【解】先求出自行车的加速度，因初速度 $v_0 = 0$ ，时间 $t_1 = 30$ 秒，路程 $S_1 = 180$ 米，应用公式 $S = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ ，那么自行车的加速度为

$$a = \frac{2S}{t^2} = \frac{2 \times 180}{(30)^2} \text{米/秒}^2 = 0.4 \text{米/秒}^2,$$

又因 $t = 10$ 秒，则自行车所通过的路程 $S = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ ，

因 $v_0 = 0$ ，

故
$$S = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 0.4(10)^2 = 20 \text{ (米)}。$$

1·14. 手扶拖拉机在平直的公路上以速度 $v_0 = 6.49$ 公里/小时作匀速运动, 经过20秒钟后, 开始下坡。已知它走完这段下坡路所需要的时间为30秒, 此时拖拉机的速度为2.4米/秒。求: (1) 在下坡路上的加速度; (2) 在50秒钟内拖拉机所通过的路程。

【解】(1) 当手扶拖拉机开始下坡时的初速度

$$v_0 = 6.49 \text{ 公里/小时} = 6.49 \times \frac{1000}{3600} \text{ 米/秒} \approx 1.8 \text{ 米/秒},$$

末速度 $v_t = 2.4$ 米/秒, 时间 $t = 30$ 秒,

手扶拖拉机在下坡路上的加速度

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{2.4 - 1.8}{30} = \frac{0.6}{30} = 0.02 \text{ (米/秒}^2\text{)}。$$

(2) 拖拉机在公路上作匀速运动所通过的路程

$$S_1 = v_0 t_1 = 1.8 \text{ 米/秒} \times 20 \text{ 秒} = 36 \text{ 米},$$

在下坡路所通过的路程为 S_2 , 所需要的时间为 $t_2 = 30$ 秒,

$$\begin{aligned} \text{则 } S_2 &= v_0 t_2 + \frac{1}{2}at_2^2 = 1.8 \times 30 + \frac{1}{2} \times 0.02 \times (30)^2 \\ &= 54 + 9 = 63 \text{ (米)}. \end{aligned}$$

在50秒钟内手扶拖拉机所通过的路程

$$S = S_1 + S_2 = 36 + 63 = 99 \text{ (米)}。$$

1·15. 汽车从车站出发, 在公路上作匀加速运动, 当它驶过某一段的路程, 它的速度是20米/秒, 问当它驶过这一段路程的一半时, 它的速度是多少?

【解】汽车从车站出发, 即汽车的初速度 $v_0 = 0$, 设它驶过某一段的路程为 S , 当它驶过 $\frac{1}{2}S$ 时的速度为 v_1 , 根据题

意，汽车驶过某一段路程 S ，应用公式得

$$v^2 = 2aS, \quad v = 20 \text{ 米/秒},$$

当汽车驶过 $S_1 = \frac{1}{2}S$ 时，得

$$v_1^2 = 2aS_1 = 2a \times \frac{1}{2}S = aS,$$

$$\frac{v_1^2}{v^2} = \frac{aS}{2aS} = \frac{1}{2},$$

$$v_1^2 = \frac{1}{2}v^2,$$

$$v_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}v = \frac{\sqrt{2}}{2}v = \frac{1.414}{2} \times 20$$

$$\approx 14.14 \text{ (米/秒)}.$$

1·16. 大队里有一干部到公社开会，他在公路上以速度为1.5米/秒匀速步行，经过20分钟后，队里因有特殊任务需要及时通知他，派人骑自行车，从队里开始出发，以加速度为0.02米/秒²作匀加速运动，问：（1）需要多少时间才能追上；（2）两人相遇时所走的路程是多少？

【解】（1）设经过 t 时间可以追上，这时匀速步行的人所走的路程为

$$\begin{aligned} S &= vt_1 = 1.5 \text{ 米/秒} \times (20 \times 60 \text{ 秒} + t \text{ 秒}) \\ &= 1.5 \times (1200 + t) \text{ 米}; \end{aligned}$$

$$\text{骑自行车的人所走的路程 } S = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 0.02 \times t^2 \text{ 米}.$$

$$\text{故 } \frac{1}{2} \times 0.02 \times t^2 = 1.5 \times (1200 + t),$$

$$0.02t^2 = 3 \times (1200 + t),$$

$$2t^2 - 300t - 360000 = 0,$$

$$t = \frac{300 \pm \sqrt{9 \times 10^4 - 4 \times 2 \times (-36 \times 10^4)}}{2 \times 2}$$

$$= \frac{300 \pm 100\sqrt{297}}{4},$$

$$\text{取 } t = \frac{300 + 1723}{4} \approx 506 \text{ (秒)}。$$

$$(2) \text{ 两人相遇时所走的路程 } S = 1.5 \times (1200 + 506) \text{ 米}$$

$$= 2559 \text{ 米}。$$

1·17. 一个从静止开始作匀加速直线运动的物体，它的加速度为 a ，试证明：

(1) 在1秒内、2秒内、3秒内、4秒内所通过路程之比等于1 : 4 : 9 : 16；(2) 在第一秒内、第二秒内、第三秒内、第四秒内所通过的路程之比等于1 : 3 : 5 : 7。

【解】(1) 作匀加速直线运动的物体，初速度 $v_0 = 0$ ，加速度为 a ，设在 $t_1 = 1$ 秒、 $t_2 = 2$ 秒、 $t_3 = 3$ 秒、 $t_4 = 4$ 秒物体所通过的路程为 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 ，则

$$S_1 = \frac{1}{2} a t_1^2 = \frac{1}{2} \times a \times 1^2 = \frac{1}{2} a,$$

$$S_2 = \frac{1}{2} a t_2^2 = \frac{1}{2} \times a \times (2)^2 = \frac{4}{2} a,$$

$$S_3 = \frac{1}{2} a t_3^2 = \frac{1}{2} \times a \times (3)^2 = \frac{9}{2} a,$$

$$S_4 = \frac{1}{2} a t_4^2 = \frac{1}{2} \times a \times (4)^2 = \frac{16}{2} a.$$

故 $S_1 : S_2 : S_3 : S_4 = 1 : 4 : 9 : 16$ 。

(2) 设在第一秒内、第2秒内、第3秒内、第4秒内物体所通过的路程为 S'_1 、 S'_2 、 S'_3 、 S'_4 ，那么

$$S'_1 = S_1 - S_0 = \frac{1}{2}a - 0 = \frac{1}{2}a,$$

$$S'_2 = S_2 - S_1 = \frac{4}{2}a - \frac{1}{2}a = \frac{3}{2}a,$$

$$S'_3 = S_3 - S_2 = \frac{9}{2}a - \frac{4}{2}a = \frac{5}{2}a,$$

$$S'_4 = S_4 - S_3 = \frac{16}{2}a - \frac{9}{2}a = \frac{7}{2}a,$$

故

$$S'_1 : S'_2 : S'_3 : S'_4 = 1 : 3 : 5 : 7.$$

1·18. 修筑土堤时, 打夯机的重锤在0.5秒内竖直地打到木桩上, 问重锤距木桩的高度是多少? 当它刚落至木桩时的速度是多少?

【解】设重锤距木桩的高度为 h , 重锤的重力加速度 $g = 9.8$ 米/秒², 当它刚落至木桩所需的时间为 $t = 0.5$ 秒, 应用

自由落体公式 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 那么重锤距木桩高度为

$$h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times (0.5)^2 = 1.225(\text{米}).$$

应用公式 $v = gt$, 则重锤刚落至木桩时的速度为

$$v = gt = 9.8 \times (0.5) = 4.9(\text{米/秒}).$$

1·19. 作匀加速运动的物体, 在10秒钟内走过路程 $S = 30$ 米, 其速度增加 $n = 5$ 倍, 求该物体的加速度。

【解】设物体的初速度为 v_0 , 末速度为 v , 因 $v = nv_0$, $t = 10$ 秒, 应用 $v = v_0 + at$, 则

$$nv_0 = v_0 + at,$$

$$(n - 1)v_0 = at. \quad (1)$$

应用公式 $v^2 = v_0^2 + 2as$,

$$\begin{aligned} n^2 v_0^2 &= v_0^2 + 2aS, \\ (n^2 - 1)v_0^2 &= 2aS. \end{aligned} \quad (2)$$

将式(1)除式(2)得

$$\frac{(n^2 - 1)v_0}{(n - 1)v_0} = \frac{2aS}{at},$$

$$v_0 = \frac{2S}{(n + 1)t} = \frac{2 \times 30}{6 \times 10} = 1 \text{ (米/秒)}。$$

从式(1)得

$$a = \frac{(n - 1)v_0}{t} = \frac{(5 - 1) \times 1}{10} = \frac{4}{10} = 0.4 \text{ (米/秒}^2\text{)}。$$

1·20. 有一物体作直线运动，它的运动方程式为 $x = 6t^2 - 2t^3$ ， x 的单位为米， t 的单位为秒。试求：(1) 第三秒末的速度；(2) 第一秒末的加速度。

【解】应用微分

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} (6t^2 - 2t^3) = 12t - 6t^2,$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} (12t - 6t^2) = 12 - 12t。$$

(1) 第三秒末的速度

$$v_{t=3} = (12t - 6t^2) \Big|_{t=3} = -18 \text{ (米/秒)}。$$

(2) 第一秒末的加速度

$$a_{t=1} = (12 - 12t) \Big|_{t=1} = 0。$$

第二章 运动定律

习 题

2·1. 淋雨以后的家畜、家禽总要把它的身体抖擻几下，就可把雨水溅出，试解释这种现象。

【解】当家禽的身体向某一方向运动时，附在羽毛上的水滴以一定的速度跟着相同的方向运动。当家禽的身体突然作反方向运动时，则水滴因惯性关系依然保持原来的运动方向，于是水滴就脱离家禽的羽毛。

2·2. 敲打带有灰尘的衣服时，就可把衣服上的灰尘去掉，这是什么道理？

【解】当我们拿着带有灰尘的衣服，衣服被敲打部分突然向某方向运动时，这部分衣服上的灰尘因惯性关系，依然保持静止状态，于是灰尘脱离衣服而下降。

2·3. 当汽车向左急转弯时，坐在车厢里的乘客向着哪个方向倾倒；当它向右急转弯时，乘客向着哪个方向倾倒？这种现象怎样解释？

【解】当汽车向左急转弯时，车厢里乘客的下身随车向左转弯，但上身仍然保持原来的运动方向，故乘客向着右边倾倒。同理，当汽车向右急转弯时，乘客的下身随车向右转弯，但上身还是保持原来的运动方向，故乘客向着左边倾倒。

习 题

2·4. 质量为2公斤的物体先后在广州和北京用天平及弹簧秤来称量,问在这两个地方的天平和弹簧秤的读数各是多少?并说明天平和弹簧秤的作用有何不同。($g_{\text{广州}} = 978.8$ 厘米/秒², $g_{\text{北京}} = 980.12$ 厘米/秒²)

【解】设物体的质量 $m = 2$ 公斤,若这个物体在广州和北京用天平来称量,那么这个物体的质量都是2公斤,如果应用弹簧秤来称重量,则这个物体在广州的重量

$$\begin{aligned} P_{\text{广州}} &= mg_{\text{广州}} = 2 \text{ 公斤} \times 9.788 \text{ 米/秒}^2 \\ &= 19.576 \text{ 牛顿} = \frac{19.576}{9.81} \text{ 公斤} \approx 1.9955 \text{ 公斤。} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{在北京的重量 } P_{\text{北京}} &= mg_{\text{北京}} = 2 \text{ 公斤} \times 9.8012 \text{ 米/秒}^2 \\ &= 19.6024 \text{ 牛顿} = \frac{19.6024}{9.81} \text{ 公斤} \approx 1.9982 \text{ 公斤。} \end{aligned}$$

天平是应用比较重量的方法来测定物体的质量的,因物体的质量是一个恒量,所以在地球上任何地方都相同。弹簧秤是称量物体的重量,由于地球上不同地点,它的重力加速度不同,故所称出物体的重量也不同。

2·5. 人和自行车的质量共计7.5工程单位,刹车后自行车的加速度为0.6米/秒²,问刹车的制动力是多少?

【解】设人和自行车的质量 $m = 7.5$ (质量工程单位), 加速度 $a = 0.6$ 米/秒²。应用公式 $F = ma$,

$$\begin{aligned} \text{故 } F &= 7.5 \text{ (质量工程单位)} \times 0.6 \text{ (米/秒}^2\text{)} \\ &= 4.5 \text{ (公斤力)。} \end{aligned}$$