

普通物理学习题集

北方交通大学

物理教研室

一九七七年十二月

目 录

小结 问题 习题

第一篇 力 学

第一章 直线运动	1
小结	1
问题	4
习题	5
第二章 运动定律	8
小结	8
问题	9
习题	11
第三章 曲线运动	18
小结	18
问题	19
习题	21
第四章 动量 动量守恒定律	25
小结	25
问题	25
习题	26
第五章 功和能	29
小结	29

问题.....	31
习题.....	33
第六章 刚体的转动	36
小结.....	36
问题.....	38
习题.....	40

第二篇 机械振动和机械波

第一章 振动学基础	45
小结.....	45
问题.....	47
习题.....	49
第二章 波动学基础	52
小结.....	52
问题.....	53
习题.....	55

第三篇 分子物理学和热力学

第一章 气体分子运动论	57
小结.....	57
问题.....	60
习题.....	61
第二章 热力学	64
小结.....	64
问题.....	68
习题.....	70

第四篇 电 学

第一章 电荷与电场	73
小结	73
问题	76
习题	77
第二章 电场中的导体和电介质	81
小结	81
问题	82
习题	83
第三章 电流	86
小结	86
问题	88
习题	89
第四章 电流和磁场	95
小结	95
问题	97
习题	100
第五章 电磁感应	104
小结	104
问题	106
习题	112
第六章 电磁振荡 电磁波	116
小结	116

问题.....	117
习题.....	118

第五篇 波动光学

第一章 光的干涉.....	119
小结.....	119
问题.....	120
习题.....	121
第二章 光的绕射.....	123
小结.....	123
问题.....	123
习题.....	124
第三章 光的偏振.....	125
小结.....	125
问题.....	125

第六篇 量子物理学

第一章 光电效应 光子 波动—微粒二象性.....	127
小结.....	127
问题.....	128
习题.....	129
第二章 原子的量子理论.....	130
小结.....	130
问题.....	131

习题.....	131
第三章 半导体	132
小结.....	132
第四章 激光	134
小结.....	134
第五章 原子核物理	136
小结.....	136
问题.....	137
习题.....	138

第一篇 力 学

第一章 直线运动

小 结

一、力学

宇宙间一切物质都在运动。运动是物质的普遍属性，是物质的存在形式。物质的运动形式是多种多样的，其中物体位置的变化是最简单的运动形式，我们称它为物体的机械运动。力学就是研究物体机械运动的规律及其应用的科学。

力学所研究的是物质最简单的、最基本的运动形式，它是研究其它较高级、较复杂的运动形式的基础。

二、参照系

为了说明一个物体的位置和运动，我们必须选定另外一个或几个物体作为标准(参考)，然后才能说明所研究的物体相对于标准物的位置和运动。选定作为标准(参考)的物体就叫做参照物。由于所选的参照物不同，对同一物体的位置和运动将得到不同的结论，这就是物体运动的相对性。在参照物上选定的坐标系叫参照系。

三、质点

在研究一个物体的运动时，如果物体的大小和形状可以忽略不计而把它简单地看做一个具有质量的点，这就叫做质点。

把一个物体看成质点，可以使所研究的问题简单化，而复杂的物体又可以看成是由无数个质点组成的，因而研究质点运动的规律又是研究复杂物体运动的基础。

四、矢量和标量

同时具有大小和方向性质的物理量叫做矢量。例如：位移、速度、加速度、力等都是矢量。

只具有大小而没有方向性质的物理量叫做标量。例如：时间、质量、面积、体积、功、能量等都是标量。

两个矢量相等的条件是大小相等而且方向相同。

五、位移

如果一个质点从某一初位置 A 移动到另一末位置 B，那么从 A 画一条直线到 B，这条直线的长短就是物体的位移的大小，从 A 指向 B 的方向就是位移的方向。

六、速度平均速度和即时速度

速度是用来说明物体运动的快慢和方向的物理量。

如果在时间 Δt 内，物体运动的位移是 Δx ，则位移与时间的比值叫做物体在该段时间内的平均速度 $\bar{V}$

$$\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t}.$$

位移 Δx 的方向就是平均速度 $\bar{V}$ 的方向

平均速度 $\bar{V}$ 是物体在 Δt 这一段时间内速度的一个平均值，它和物体在某一时刻或者某一地点的速度是有区别的。为了求出物体在某一时刻 t 的速度，我们就要在这个时刻 t 的前后选取一个时间间隔 Δt ，然后计算 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 的比值。在我们选取的 Δt 越小时， $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 的比值就

越和物体在时刻 t 时的速度接近。当我们选取的时间间隔 Δt 无限小时，即 $\Delta t \rightarrow 0$ 时， $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 的比值的极限值就和物体在时刻 t 时的速度完全相等了，这就叫做物体在时刻 t 时的即时速度 V 。

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}.$$

七、加速度平均加速度和即时加速度

在匀变速直线运动中，速度的增量与所经历的时间的比值，叫做匀变速直线运动的加速度。

如果物体在时间 t_1 时它的速度是 V_1 ，当时间为 t_2 时，它的速度是 V_2 ，则时间间隔 Δt 是

$$\Delta t = t_2 - t_1.$$

速度的增量 ΔV 是

$$\Delta V = V_2 - V_1.$$

速度的增量与所经历的时间间隔的比值叫做物体在 Δt 时间间隔内的平均加速度 $\bar{a}$

$$\bar{a} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta V}{\Delta t}.$$

当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ 的极限值叫做物体的即时加速度 a 。

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t}.$$

八、直线运动和直线运动的公式

1. 匀速直线运动。在匀速直线运动中, 物体的速度保持不变, 即速度的大小和方向都不变。这时物体的加速度是零。

2. 匀变速直线运动。在匀变速直线运动中, 物体的速度只改变大小不改变方向。物体的加速度大小保持不变, 方向与速度的方向相同或者相反。加速度的方向与速度的方向相同时, 物体运动的速度逐渐加大, 叫匀加速直线运动, 自由落体和竖直下投物体的运动便是匀加速直线运动。加速度的方向与速度方向相反时, 物体运动的速度逐渐降低, 叫匀减速直线运动, 竖直上抛物体的运动便是匀减速直线运动。

3. 为了便于复习, 将本章学习过的几种质点直线运动的公式列表如下。

运动的类别	速度	加速度	路程公式	速度和路程的关系式
匀速直线运动	$V = \text{常数}$	$a = 0$	$x = x_0 + Vt$	V 和路程无关
匀加速直线运动	$V = V_0 + at$	$a = \text{常数(正值)}$	$x = V_0 t + \frac{1}{2} at^2$	$V^2 = V_0^2 + 2ax$
匀减速直线运动	$V = V_0 - at$	$a = \text{常数(负值)}$	$x = V_0 t - \frac{1}{2} at^2$	$V^2 = V_0^2 - 2ax$
自由落体	$V = gt$	$a = g$ (重力加速度)	$h = \frac{1}{2} gt^2$	$V^2 = 2gh$
竖直下投	$V = V_0 + gt$	$a = g$	$h = V_0 t + \frac{1}{2} gt^2$	$V^2 = V_0^2 + 2gh$
竖直上抛	$V = V_0 - gt$	$a = -g$	$h = V_0 t - \frac{1}{2} gt^2$	$V^2 = V_0^2 - 2gh$

问 题

1. 矢量和标量有什么不同？在下面列举出的物理量中哪些是标量？哪些是矢量？

(1) 时间 (2) 路程 (3) 速度 (4) 长度 (5) 加速度 (6) 位移 (7) 速率。

2. 由于我们选取的参照物不同，对于同一物体的运动情况将会得到不同的结论。例如对于一个乘坐正在上升的电梯的人来说，如果选取：(1) 地面 (2) 电梯分别做为参照物，那么对这个人的运动情况的结论各是什么？

3. 是不是只有很小的物体才能看成是质点？

4. 平均速度和即时速度在意义上有什么不同？物体在做怎样的运动时，它的即时速度和平均速度才是相等的？

5. 平均加速度和即时加速度在意义上有什么不同？物体在做怎样的运动时，它的即时加速度与平均加速度才是相等的？

6. 必须具备什么条件，我们才能说两个物体的速度是相等的？

7. 一小船逆流而上，小船相对于流水的速度为5米/秒。若以小船前进的方向为正方向，问流水相对于小船的速度为多少？

8. 举出一种符合下列条件之一的实际运动：(1) 运动物体加速度方向和速度方向相同；(2) 加速度方向和速度方向相反。

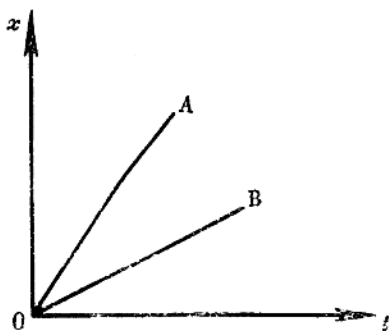


图1—1—13

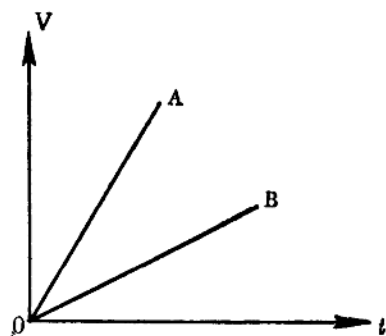


图1—1—14

9. A、B 两个物体做直线运动，图 1—1—13 画出的是 A、B 的 $x-t$ 曲线，问 A、B 两个物体做的是哪种直线运动？A、B 两个物体的运动有什么不同？

10. A、B 两物体做直线运动，图 1—1—14 画出的是 A、B 的 $V-t$ 曲线。问 A、B 两物体做的是哪种直线运动？A、B 两物体的运动有什么不同？

11. 一物体做直线运动，它的 $V-t$ 曲线如图 1—1—15 所示，试说明物体在 AB、BC、CD 三段各做的是哪一种直线运动？

12. 在匀变速直线运动中，在什么情况下加速度取负值？

13. 在什么条件下，我们才可以把从静止开始落下的物体的运动看做是自由落体的运动？

14. 自由落体运动的加速度是由什么原因引起的？在计算实际问题当中，它的数值和方向都是怎样的？

15. 两个轻重不同的物体，自同一高度自由落下，它们到达地面时的速度一样大吗？为什么？（空气的阻力忽略不计）。

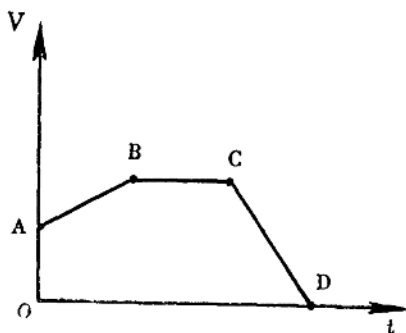


图 1—1—15

习 题

1. 声波在空气中传播的速度约为 340 米/秒，问它相当于每小时多少公里的速度？

2. 用超声波测海深，用超声波发生器向海底竖直向下发射超声波，测得超声波发出后经 0.066 秒后反射回到海面。已知超声波在海水中的速度是 1500 米/秒，求海深。

3. 用雷达探测敌机，已知电磁波从发出到遇敌机反射回来一共用去 800 微秒，（1 微秒是百万分之一秒，即 10^{-6} 秒）。已知电磁波的传播速度是 3×10^8 公里/秒，求敌机的距离。

4. 某施工队用炸药爆破开山，所用导火索的燃烧速度是 0.8 厘米/秒，离爆破点 240 米之外是安全地带，人在点燃导火索后以 2.4 米/秒的速度跑向安全地带，问所用的导火索最少要多长？

5. 列车开动后的加速度是 0.1 米/秒^2 ，问列车自静止出发 1 分钟后，速度达到每小时多少公里？

6. 一辆作匀加速直线运动的汽车，它的速度在 30 秒内由 14 公里/时增加到 50 公里/时，求它的加速度的大小和方向。

7. 列车以 72 公里/时的速度运行，刹车后作匀减速直线运动，2 分钟后停止，求列车在刹

车过程中的加速度的大小和方向。

8. 打桩机的重锤以6米/秒的速度打在本桩上, 经过0.01秒的时间静止下来, 把重锤接触木桩后的运动看作匀减速直线运动, 求重锤接触木桩后的加速度?

9. 自行车从静止状态开始作匀加速直线运动, 经10秒钟后, 速度达到10米/秒。这时自行车距离出发点有多远?

10. 停在站内的列车, 以0.1米/秒²的加速度作匀加速直线运动, 问2分钟后离开车站多远?

11. 列车从水平轨道驶到斜坡时的速度是8米/秒, 然后它以0.2米/秒²的加速度沿斜坡作匀加速直线运动, 列车通过这段斜坡共历时30秒。求这段斜坡的长度。

12. 列车以54公里/时的速度行驶, 刹车后作匀减速直线运动, 经2分钟列车停止, 计算列车在刹车后所滑行的距离?

13. 列车直线行驶, 速度由18公里/时均匀地增加到54公里/时, 在这段时间内它驶过的路程是500米, 求列车的加速度和这段加速的时间。

14. 无轨电车的制动器能够保证在速度为36公里/时开始制动时, 电车再前进16米就可以停下来。求在开始制动后, 电车运动的加速度和制动所需的时间。

15. 列车在速度为54公里/小时的时候, 施行制动减速, 经过750米列车停止。停车2分钟后发车加速, 经过1500米又恢复到原来的速度(即54公里/小时)。假定减速和加速都是匀变速直线运动, 求这次因中途停车一共损失多少时间?(提示: 如果不是中途停车, 列车将以匀速度54公里/小时通过这一段路程)。

16. 一物体作加速直线运动, 它在任一时刻 t 离开出发点的距离由下式给出: $x = 10t^2$, 式中 x 以米计, t 以秒计。(1) 画出位置时间曲线。(2) 求出自 $t = 2$ 秒到 $t = 2.1$ 秒间隔内的平均速度。(3) 求出自 $t = 2$ 秒到 $t = 2.01$ 秒间隔内的平均速度。(4) 求出自 $t = 2$ 秒到 $t = 2.001$ 秒间隔内的平均速度。(5) 求出自 $t = 2$ 秒到 $t = 2 + \Delta t$ 间隔内的平均速度, 并由此计算出物体在 $t = 2$ 秒时的即时速度。

17. 一物体作加速直线运动, 它在任一时刻 t 离开出发点的距离由下式给出:

$$x = 8t + 3t^2$$

式中 t 以秒计, x 以米计。(1) 求出自 $t = 0$ 秒到 $t = 1$ 秒间隔内的平均速度。(2) 求出自 $t = t$ 秒到 $t = t + \Delta t$ 秒间隔内的平均速度, 并由此求出物体在任一时刻 t 的即时速度。

18. 由上题得到运动物体在任一时刻 t 的即时速度由下式给出:

$$V = 8 + 6t$$

式中 V 以米/秒计, t 以秒计。(1) 求出物体在 $t = 0$ 秒到 $t = 1$ 秒间隔内的平均加速度。(2) 求出物体在 $t = 0$ 秒到 $t = 0.1$ 秒间隔内的平均加速度。(3) 求出物体自 $t = t$ 的到 $t = t + \Delta t$ 秒间隔内的平均加速度, 并由此求出物体在任一时刻 t 的即时加速度。你由最后结果可以判断出物体在作哪种直线运动吗?

19. 当列车由静止开始出发离站时, 站在站台上的工作人员正面对着第一节车厢的前端。列车开动后, 第一节车厢驶过他身旁共历时 4 秒。假定列车作匀加速直线运动; 每一节车厢的长度都相等。机车共牵引 16 节车厢。问: (1) 这 16 节车厢全部驶过他身旁共历时多少秒? (2) 第 9 节车厢驶过他身旁历时多少秒?

20. 火车司机从看到停车信号到开始制动所需要的“反应时间”约为 0.7 秒。计算一列以 54 公里/时行驶火车, 从司机看到停车信号开始制动到火车停驶所驶过的距离, 假定制动时火车以 -0.15 米/秒² 的加速度做匀减速直线运动。

21. 火箭燃料燃烧完毕后, 火箭获得 10 公里/秒的速度, 它上升的高度是 1000 公里。把发射火箭看成是匀加速直线运动, 计算火箭的加速度和它的加速时间。

22. 一物体由高处自由落下, 经过 3 秒钟后落在地面上, 计算它落下的高度和落到地面时的速度 (不考虑空气阻力)。

23. 跳伞员张开降落伞后匀速下降, 下降速度为 6 米/秒, 问这样的速度相当于人从多高地方跳下来落地时的速度?

24. 证明: (1) 竖直上抛的物体的初速度 V_0 等于物体落回到地面时的末速度。(2) 竖直上抛的物体上升的时间等于它下降的时间。

25. 自地面竖直上抛一垒球, 经 4 秒钟后垒球返回原地点。计算垒球的初速度和它上升的高度。

26. 第一个小球自高处自由落下, 1 秒钟后将第二个小球以 20 米/秒的初速竖直下投。问: 在第二个小球下投多长时间后追上第一个小球?

第二章 运动定律

小 结

一、力的概念

力是物体与物体之间的相互作用，它会使物体的运动状态发生变化。具体地说，力是使物体产生加速度的原因。

力是矢量。在确定一个力对物体的作用时，必须知道力的大小、方向和在物体上的作用点，这叫做力的三要素。

二、力的合成

当一个物体同时受到几个力的作用时，这几个力对物体产生的总效果是由这几个力的合力确定的。力的合成可由平行四边形法则求出。平行四边形法则是求矢量的合成矢量时普遍适用的法则。

当 F_1 和 F_2 两个分力之间的夹角为 θ 时，合力 F 的大小由下列公式求出。

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$$

合力 F 与 F_1 之间的夹角 α 由下式求出

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_2 \sin \theta}{F_1 + F_2 \cos \theta}$$

三、力的分解

力的分解是力的合成的逆运算。当我们需要知道一个在特定方向上的作用时，我们就可以按照平行四边形法则把这个力沿特定方向进行分解，求出这个力在特定方向上的分力。

例如已知作用力 F 和 x 轴的夹角是 θ ，则力 F 沿 x 轴方向和 y 轴方向的分力分别是

$$F_x = F \cos \theta$$

$$F_y = F \sin \theta$$

四、牛顿第一定律（惯性定律）

任何物体都有保持它运动状态不变的性质，这就是物体的惯性。由于惯性，要使物体改

变运动状态，必须有外力的作用。如果不受外力作用。或者它所受的合外力为零，那么，物体保持其静止状态或匀速直线运动状态不变，这就是惯性定律。

五、牛顿第二定律

在外力作用下，物体产生加速度，但是物体加速度的大小除了决定于力这个外因以外，还决定于其内部原因——惯性的大小。质量是物体惯性大小的量度。质量越大的物体，惯性也越大，在同样的外力作用下，加速度越小。

牛顿第二定律的数学表示式 $F = ma$ 给出了力、质量、加速度这三个量之间的定量关系。

应用 $F = ma$ 时要注意：（1） F 是合外力；（2）加速度 a 的方向与合外力的方向一致；（3）各个量的单位要用同一单位制。

在应用工程（重力）单位制时，可以用重量和质量之间的关系式 $P = mg$ ，把牛顿第二定律的数学表示式写成 $F = \frac{P}{g} a$ 。

六、牛顿第三定律（作用与反作用定律）

这定律给出了作用力与反作用力这一对力之间的定量关系。作用力和反作用力（1）大小相等，方向相反，作用在同一条直线上；（2）同时存在、同时消失；（3）分别作用在两个不同的物体上。

应用作用与反作用定律时要把一对作用力与反作用力和一对互相平衡的力区别开。作用力和反作用力是分别作用在两个不同物体上的，它们是不能互相抵消的，这两个力要分别使两个受力物体产生加速度。相互平衡的两个力是作用在同一个物体上的两个大小相等、方向相反的外力，它们的作用效果互相抵消，即两个力的合力为零，物体不产生加速度。

七、隔离体法

用隔离体法解动力学问题时，一般的步骤是：（1）选取研究对象（即取隔离体）；（2）分析受力情况，画出物体的受力图；（3）列出运动方程，先用字母作运算；（4）求解，代入具体数值时注意单位要一致，即用同一单位制中的单位。

问 题

1. 牛顿第一定律的内容是什么？

2. 举例说明什么是物体的惯性？

3. 在一辆静止的火车车厢中，一位乘客垂直向上跳起，他发现他仍然落在原来的起跳地点。如果在—辆做匀速直线运动的火车车厢中做同样的实验，他还能落在原来的起跳地点吗？说明理由。

4. 在匀速直线运动着的轮船的天花板上，用绳悬挂着一个物体，当轮船的运动发生下列变化时，物体将怎样运动？说明理由。（1）轮船的速度增加；（2）轮船的速度减小；（3）轮船向左转弯；（4）轮船突然停止。

5. 牛顿第二定律的内容是什么？在应用牛顿第二定律的数学表示式时，可以使用哪几种单位制？

6. 将一个重量为 P 公斤重的物体放在升降机内的弹簧秤上，问当升降机做下述各种运动时，弹簧秤所指出来的重量有什么变化？（1）升降机匀速上升；（2）升降机在上升过程中，速度逐渐增加；（3）升降机在下降过程中，速度逐渐增加；（4）升降机自由落下。

7. 为了提高机车所牵引的列车的重量，在开动机车时，有一项操作是在开车之前让列车上各节车厢的挂钩先有一定的空隙。火车开动时，各节车厢依次先后起动。解释要这样做的理由。

8. 一个物体放置在水平传送带上，当传送带做下列各种运动时，说明物体所受的摩擦力的方向。（1）传送带起动时；（2）传送带匀速运转；（3）传送带制动时。

9. 当机车急剧地把列车拉出原地时，有时会拉断车厢之间的挂钩，问在列车什么地方挂钩最容易被拉断，为什么？

10. 一个物体的质量和重量有什么不同？一个物体的质量和重量之间有什么关系？

11. 为什么用天平称量出的是物体的质量，而用弹簧秤称量出的是物体的重量？

12. 在地球上用天平称量出一个物体的质量是 1 公斤，用弹簧秤称得它的重量也恰是 1 公斤重。现在把同样的仪器和物体都移到月球上去称量，那么和地球上的数值相比，用天平和用弹簧秤称出的数值各发生怎样的变化？（月球表面上的重力加速度约等于地面上重力加速度的 $1/6$ ）

13. 一个质量等于 2 公斤的铁球所受的重力是一个质量等于 1 公斤的铁球所受的重力的两倍，但是为什么当这两个铁球自由落下时，它们的加速度都是相等的呢？

14. 牛顿第三定律的内容是什么？

15. 两个物体间的作用力和反作用力是大小相等，方向相反的，但是为什么不能把它们

看作是一对相互平衡的力呢？

16. 一个质量为 1 公斤的铁球吸引地球的力量与地球吸引这一铁球的力量相比哪一个力大？

17. 人推车时，根据牛顿第三定律，车也同时向相反方向推人，但是为什么车向前进而人不向后退呢？分析车和人各受到哪些力。在什么条件下车向前进？

18. 质点平衡的条件是什么？

19. 用牛顿第二定律来说明，当一个质点处于平衡时，它的运动状态将是怎样的？

20. 用力的合成法则说明，在什么情况下合力的数值恰是两个分力的数值的和？在什么情况下合力的数值恰是两个分力的数值的差？又在什么情况下合力的数值在两个分力数值的和与差之间？

21. 当我们沿一水平面拉动一物体做匀速直线运动时，此时拉力与摩擦力是大小相等，方向相反的，那么，拉力和摩擦力是不是一对作用力和反作用力？

22. 下面的说法正确吗？“物体放在桌面上，它所受到的桌面的支承力 N 和重力 P 是作用力和反作用力，二者大小相等，方向相反，相互抵消，所以物体静止不动。”为什么？

23. 如图 1—2—32，桌面上叠着 A、B、C 三个物体，它们的重量分别是 P_1 、 P_2 、 P_3 。分析各物体的受力情况。

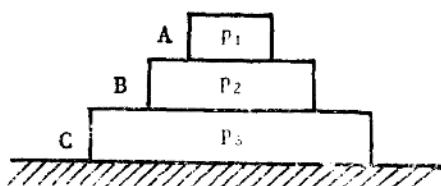


图 1—2—32

习 题

1. 体重 70 公斤重的跳伞员张伞以后，以 5 米/秒的速度匀速下降，问空气对降落伞的阻力是多少？

2. 升降机将装满煤块的煤车自矿井下面提升到地面，设煤块 1 吨重，煤车 650 公斤重，升降机是匀速上升的。计算：（1）煤对煤车底的压力；（2）煤车对升降机的压力。

3. 一机车牵引 $P = 2000$ 吨重的列车匀速前进。已知列车所受的阻力等于车重的 $\frac{5}{1000}$ 倍。问这时机车牵引力是多大？