物 理 学 习 题 集

（校内试用　请勿翻印）

北 京 大 学

目　　录

第一部分　力　　学

第二部分　热学和分子物理学

第三部分 电磁学

第一部分　力　　学

第一章　质 点 运 动 学

§1.位移，路径，速度，加速度

1-1　图1-1为一粒子在直线运动中的位置 x 对时间的函数。列出一表，指出从 t_0 到 t_7 中每一时刻的速度和加速度究竟是正、负还是零。在哪一部分，可被认为是力学上的孤立体（即受力等于0）的运动？

1-2　设速度与时间的关系如图1-2所示。作图表示

（1）距离与时间的关系和

（2）加速度与时间的关系。

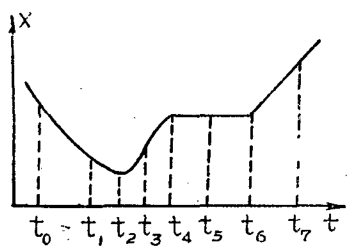

图　1-1

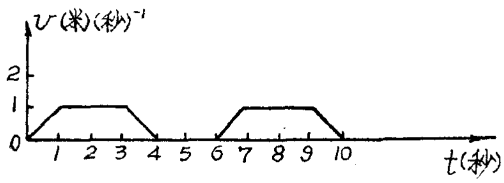

图　1-2

1-3　设有几种加速度与时间的关系分别如图1-3(1)；1-3(2)；1-3(3)；1-3(4)所示。分别作出它们的（1）距离与时间的关系图和（2）速度与时间的关系图。

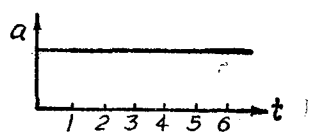

图1—3 (1)

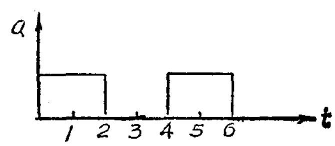

图1—3 (2)

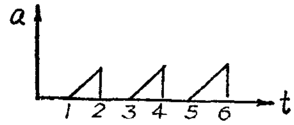

图1—3 (3)

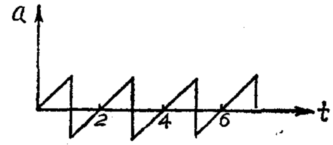

图1—3 (4)

1-4　一沿X轴运动的质点m，它的位置与时间的关系为 $x=10+5t^2$，式中 x 的单位为厘米，t 的单位为秒。（1）试用微分法求m的速度和加速度的公式。（2）m的初速度

是多少？初位置在何处？（3）在 $t=10$秒的时刻，m的速度是多少？（4）分别作$x-t$图；$v-t$图和$a-t$图。

1-5　一质点m在X-轴上运动，它的位置与时间的关系为$x=10t^2-5t$，式中x和t的单位分别为厘米和秒。

（1）用微分法求m的速度和加速度公式。m的初速度是多少？方向如何？

（2）求m在原点左边最远处的位置。

（3）何时$x=0$？这时m的速度是多少？

1—6　一质点m在X-轴上运动，它的速度与时间的关系为$v=8+2t^2$，式中v和t的单位各为（厘米）（秒）$^{-1}$ 和秒。当$t=8$秒时，m在原点左边52厘米处。

（1）求m的加速度和位置的公式；

（2）初速度是多少？

（3）初位置在何处？

1-7　一人从0点出发，向正东走3.0米，又向正北走1.0米，然后向东北走2.0米，求合位移的大小和方向。

1-8　一质点从p点出发向左以匀速率1.0（厘米）（秒）$^{-1}$沿半径为$R=1.0$米的园周运动，（如图1-8）。

（1）当它走过2/3园周时，位移是多少？走过的路程是多少？在这段时间内的平均速度是多少？在该点的瞬时速度是多少？

（2）当它走过1/2园周时，以上各值又如何？

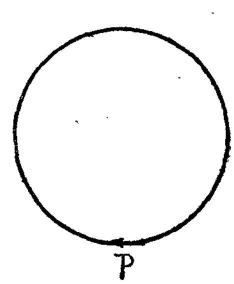

图 1-8

1-9　一物体作直线运动，它的位置由方程$x=10t^2+6$决定，其中x的单位为厘米，时间t的单位为秒。试计算在3.00—3.10秒内，3.00—3.01秒内，和3.000—3.001秒内的平均速度，以及在第3.00秒的瞬时速度。

1-10　有一质点沿x方向作直线运动，t时刻的坐标为$x=4.5t^2-2t^3$。式中x以米为单位，t以秒为单位。试求：

（1）第2秒内的位移和平均速度；

（2）1秒末和2秒末的瞬时速度；

（3）第2秒内质点所通过的路程；

（4）第2秒内的平均加速度以及0.5秒末和1秒末的瞬时加速度。

1-11　若以某点为起点画出若干矢量，分别代表运动的质点在不同时刻的速度，那么这些矢量的末端就分布在一条曲线上，这曲线叫做速矢端迹。

（1）问在下列各种情形下速矢端迹各是什么形状？(a)匀速直线运动；(b)匀加速直线运动；(c)匀速园周运动；(d)匀加速园周运动；(e)抛物运动。

（2）证明定理：在速矢端迹上的速度即为质点在其轨道上的加速度。

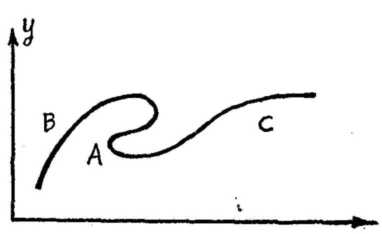

图 1-12

1-12　一质点沿图1-12中所示的轨迹匀速率运动。设

此轨迹位于一水平面内，问在哪一点附近，质点的加速度有最大值？

1-13　一质点的运动方程为

$$x=R\cos\omega t,\quad y=R\sin\omega t,\quad z=\frac{h}{2\pi}\omega t,$$

其中 $h>0$，$\omega>0$。

（1）说出它的运动轨迹，幷画出它的示意图。

（2）求它的速度和加速度。

1-14　已知一质点的运动方程为

$$\mathbf{r}=a\cos\omega t\,\mathbf{i}+b\sin\omega t\,\mathbf{j}$$

其中 a、b、ω 均为正的常数。

（1）求它的速度和加速度，

（2）证明：它的速度轨道是一椭园，长轴和短轴各为 $2a$ 和 $2b$；它的加速度恒指向椭园中心。

（3）证明：质点运动的周期为 $T=\frac{2\pi}{\omega}$；分别画出 $t=0,\frac{T}{8},\frac{T}{4},\frac{3T}{8},\frac{T}{2},\frac{3T}{4},T$ 各时刻质点的位置，标出位置的坐标。

1-15　一个在X轴上的质点，开始在原点，在第一秒内作大小为1.0(米)(秒)$^{-2}$的匀加速运动，在第二秒内作大小为1.0(米)(秒)$^{-2}$的匀减速运动，第三秒和第四秒内重复第一、二秒的情况，如此交替不已，问在第100秒末质点在何处？

1-16　设一质点的运动方程为 $x=x(t)$，$y=y(t)$。在计算它的速度和加速度时，有人先求出 $r=\sqrt{x^2+y^2}$，然后根据

$$v=\frac{dr}{dt},\qquad a=\frac{d^2r}{dt^2}$$

求得结果；又有人先计算速度和加速度分量，再合成，得结果为

$$v=\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2+\left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$$

$$a=\sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2+\left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2}$$

你认为哪一组结果正确？为什么？

1-17　一质点作直线运动，速度和加速度分别为

$$v=\frac{ds}{dt},\qquad a=\frac{dv}{dt}$$

证明：$vdv=ads$

幷由此得出：当 a 为常数时，即可得

$$v^2=v_0{}^2+2a(s-s_0)$$

1-18　一光滑斜面与水平成β角，斜面与水平面交线为L，从L上一点P以速度$\mathbf{u}$沿斜面抛出一质点，$\mathbf{u}$与L的夹角为α，质点在斜面上运动，求它的轨迹。

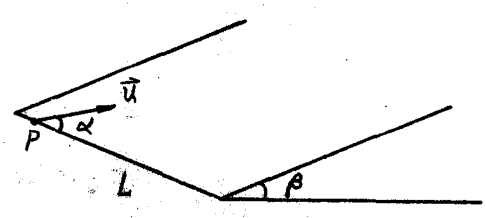

图 1-18

1-19　车轮在地平面上作匀角速的纯滚动，

轮心的速度为$v_0=10$(米)(秒)$^{-1}$，轮的半径为$r=0.50$米，求：

（1）车轮边缘上一点A的角速度ω。

（2）A点的轨迹是什么？

1-20　一半径为r的小球沿两固定的等高平行尺轨道作纯滚动，两尺间的距离为d，如图1-20

（1）球心的速度与球的角速度的关系是怎样的？

（2）小球面上一点的轨迹如何？

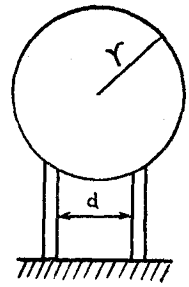

图　1-20

1-21　试判定下述说法是否正确：

（1）物体作曲线运动时必有加速度，

（2）物体作曲线运动时，因其速度方向必定在轨迹的切线方向，速度在法向的分量恒为零，所以法向加速度必为零。

1-22　火车在半径为$R=400$米的圆周上运动，已知火车的切向加速度$a_{\tau}=0.2$(米)(秒)$^{-2}$，方向与速度相反。求当火车速度为10(米)(秒)$^{-1}$时的法向加速度和总加速度，并指出它们的方向。

1-23　平均速率的意思可以是指平均速度矢量的大小，另一个意思是所经路程的总长度除以所经的总时间。问这两个意思是否不同？如果不同，试举例说明。

1-24　如果加速度不是恒定的，那末质点的平均速度是否为$\frac{1}{2}(v_0+v)$？试用图来证明你的回答。

1-25　（1）一物体能否速率不变，而速度仍在改变？

（2）一物体能否速度不变，而速率仍在改变？

1-26　（1）一个物体的速度向东时加速度却向西，这可能吗？

（2）当物体的加速度恒定不变时，它的运动方向能否改变？

1-27　（1）某物体做加速运动，但加速度愈来愈小，它的速度如何变化？

（2）一物体能否速度为零，而仍在加速运动中？

1-28　一作直线匀加速度运动的物体，从甲处经过60米到乙处，用去6.0秒钟，它经过乙处时速度为15(米)(秒)$^{-1}$。求它的加速度和经过甲处时的速度，并作位置—时间和速度—时间图。

1-29　如图1-29，一重球用线悬挂起来，静止不动。今用剪刀在A点将悬线剪断，问在剪断的瞬间，重球的速度和加速度各为多少？

1-30　自由落体的加速度是980(厘米)(秒)$^{-2}$，它在第一秒末的速度是多少？它在第一秒内走过的距离是多少？

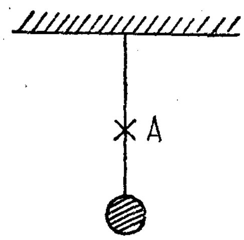

图　1-29

§2.　匀速运动与匀变速运动

1-31　某地震台记录到一近震，直达波里P波和S波的到达时间差为3.5秒，问震源到该台多远？已知P波与S波的速度之比为$\frac{V_P}{V_S}=1.73$，P波的速度为$V_P=6.2$(公里)(秒)$^{-1}$。

1-32　一汽车停在十字街头等候绿灯，绿灯一亮它就以2.0(米)(秒)$^{-2}$的匀加速度开始前进，正在这时，一载重卡车以10(米)(秒)$^{-1}$的匀速度超过它。

（1）问离开十字街头多远时它可追上载重卡车？此时汽车速度多大？

（2）作二车的位置——时间图。

1-33　速率都是30(公里)(小时)$^{-1}$的甲乙两列火车，在同一线路上相向而行。当它们相隔60公里的时候，一只鸟以每小时60公里的速度离开甲车车头直向乙车飞去，当它到达乙车车头时，就立即返回，并这样继续地在两车头间来回飞着。问：

（1）到甲乙两车车头相遇时，这鸟从甲车到乙车的飞行共有几次？

（2）一共用了多少时间？

（3）一共飞了多少距离？

1-34　为了校对汽车的速度表读数及加速性能，在直的水平公路上立好标杆，进行试验。某汽车经过“0”标杆时开始加速并开始计时，在整个试验过程中加速度不变。经过0.1公里标杆，时间指示为16秒；经过0.2公里标杆，时间指示为24秒，问：

（1）汽车的加速度为多少？

（2）经过0.1公里和0.2公里两标杆时，车的速度分别是多少？

1-35　矿井里的升降机由静止开始按匀加速上升3秒，达到$v_m=3$(米)(秒)$^{-1}$，然后按这个速度匀速上升6秒，最后又按匀减速上升5秒而停止。

（1）计算升降机上升的高度；

（2）画出升降机的v-t图，根据v-t图计算升降机上升的高度；

（3）求升降机在整个上升过程中的平均速度。

1-36　一个人身高h_2米，在灯下以匀速率v_A沿通过灯下的水平直线行走，如图1-36。灯距地面高度为h_1，求证：

（1）人影的顶端M点作匀速运动。

（2）求出M点沿地面移动的速度V_M。

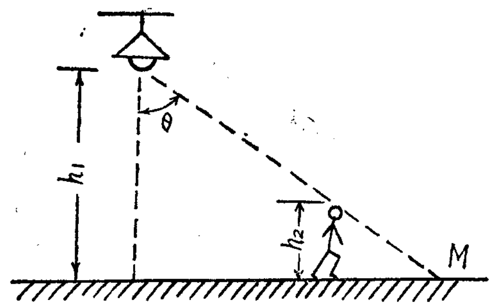

图 1-36

1-37　步枪打飞机。

在高度500米内，一般步枪可以打下下不装甲的飞机。设枪弹的初速为800(米)(秒)$^{-1}$，飞机高度$h=200$米，时速为1440(公里)(小时)$^{-1}$（超音速飞机）。某一时刻射击者C离飞机300米（图1-37）。问：

（1）此时应瞄准飞机前方距A多少米的B点开枪方能击中此飞机（BA称为“提前量）。

（2）实际经验要求此时的“提前量”为射击者到飞机距离之半$\left(\text{即 } AB=\frac{1}{2}AC\right)$。试定性说明为什么与（1）的结果有偏离。

〔注：（1）略去空气阻力；（2）略去重力影响。〕

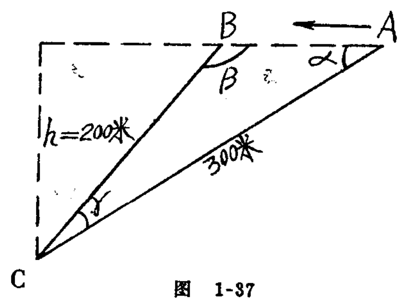

图 1-37

1-38　一物体从静止开始，先以 α 大小的加速度运动一段时间后，紧接着就以 β 大小的减速度运动至最后停止。若物体整个运动的时间为 t 。证明：物体运动的总距离为

$$S=\frac{\alpha\ \beta}{2(\alpha+\beta)}t^2.$$

1-39　一摩托车从静止开始以 $\alpha=1.6$(米)(秒)$^{-2}$的匀加速度行驶，中途作一段匀速运动，最后又以 $\beta=6.4$(米)(秒)$^{-2}$的匀减速度行驶至完全停止。若这样地走了 $L=1.6$公里，共用了 $t=130$秒的时间，求车的最高行驶速度 v 。

1-40　用上题的 α、β、L 的数值求：

（1）车走这段路程所需的最短时间；

（2）这时车的最高速度。

1-41　要求把一辆小车在最短时间内由一个地点推到另一个地点，小车以零速起，以零速终。这两个地点的距离为 L，如果小车的加速性能限制它的加速度的绝对值只能是 a，要满足上述要求，小车前进的最大速度 v 应为多大？

1-42　小船把风帆放下后仍继续前进，在这段运动时间里对小船的速度进行了测量，测量指出小船的速度和时间的关系是一双曲线，证明小船的加速度 a 和它的速度的平方成正比。

1-43　在一个很长的水平直跑道上进行 A 和 B 两种型号的喷气式飞机的试验。从起点开始，二机同时启动，A 机沿地面作匀加速飞行，正好到达跑道中点以后它就作匀速飞行；B 机则在整个跑道上从静止开始始终作匀加速运动。观测中发现 A，B 两喷气机用完全相等的时间从起点开始到终点完成整个试验距离。问二者的加速度比是多少？

1-44　反坦克手站在离公路50米远的地方，路上有一敌方坦克驶来，速度为 $v_1=10$(米)(秒)$^{-1}$。若坦克与人相距 $a=200$ 米，而此人奔跑速率最大不超过 3(米)(秒)$^{-1}$。问：

（1）他应向哪一方向奔跑才能与坦克相遇？

（2）此人至少应以什么速度跑，才能与坦克相遇？

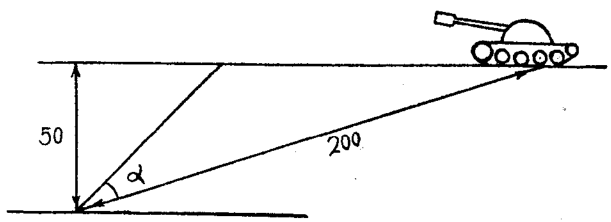

图 1-44

1-45　已知一物体作直线运动，在某段时间 t 内的平均加速度为 $\bar{a}$，又知道它的初速度为 v_0，我们是否能用下列公式求它在这段时间内的路程？

$$s=v_0t+\frac{1}{2}\bar{a}t^2.$$

1-46　某物体依次通过两段相等的路程 $s=10.0$ 米。设通过每一段路程时物体的加速度不变，且通过此二段路程所需时间各为 $t_1=1.06$ 秒和 $t_2=2.20$ 秒，求物体的加速度 a 及其在第一段路程起点处的速度 v_0 。

1-47　以匀加速行驶的车，在 6 秒钟内通过相隔60米远的两点；车经过第二点的速率是15(米)(秒)$^{-1}$。问：

（1）车经过第一点的速率多大？

（2）加速度多大？

（3）车的出发点与第一点相距多远？

1-48　一个皮球从1.5米高处落到地板上，然后跳回到1.0米高处。假设皮球与地板接触的时间为0.010秒，问在接触期间，球的平均加速度多大？（忽略空气阻力）

1-49　有一辆汽车，紧急刹车之后汽车在路上滑行了6.5米。假设汽车的最大减速度不能超过重力加速度，试问在刹车之前，汽车的行驶速率是否超过48(公里)(小时)$^{-1}$？

1-50　以速率v_1运动的火车上的司机，看见在前面距离d处，有一列货车在同一轨道上沿相同方向，以较小速率v_2在运动，他就立即刹车，使他的火车以恒定的减速度a慢下来，试证明：

如果$d>\dfrac{(v_1-v_2)^2}{2a}$，则两车不会碰撞；

如果$d<\dfrac{(v_1-v_2)^2}{2a}$，则两车将会碰撞。

1-51　已知一质点在10秒钟内走过的路程为$s=30$米，而其速度增为$n=5$倍。设为匀加速运动，求这质点的加速度。

1-52　在距离一河岸5.0公里处有一灯塔，它的灯每分钟转动一周，试求当光束与岸边成60°角时，光束沿岸边滑动的速度。

1-53　街灯与一竖直墙相距$R_0=3.0$米，通过灯罩上一个小孔将一光点水平地投射于墙上。灯等速地绕一竖直轴自转，其转速$n=0.5$(秒)$^{-1}$。街灯转动时墙上光点沿水平直线移动，求光线与墙垂直以后再经过$t=0.1$秒时，光点的速度。

1-54　一探照灯照射在云层底面上，这底面是与地面平行的平面，离地面的高度为h，设探照灯以匀角速度ω在竖直平面内转动，当光线与竖直方向夹角为θ时，求云层底面上光点的速度和加速度

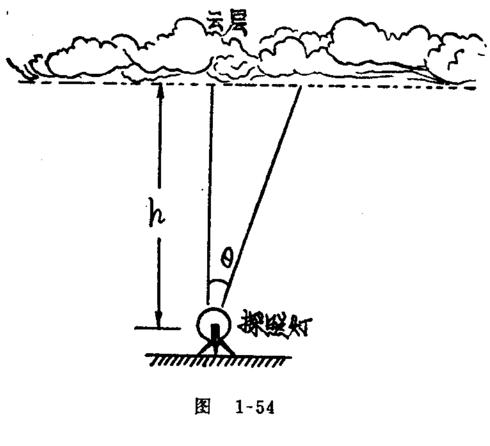

图 1-54

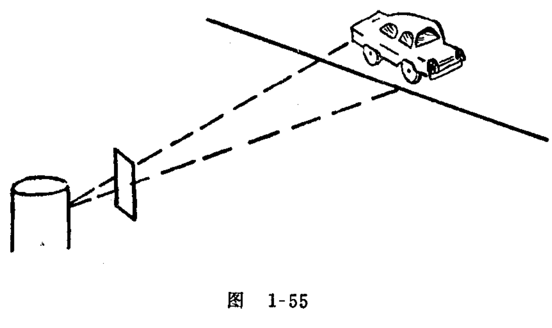

图 1-55

1-55　在平直公路上有敌方汽车驶过，车速为20(米)(秒)$^{-1}$，路边有一机枪哨所监视。当车正经过哨所对直的前方时，车身长恰为一放在眼前60厘米处而宽度为6.0毫米的测量标尺所遮蔽（如图1-55所示）。枪弹平均速率为500(米)(秒)$^{-1}$，问机枪应向车前偏过几个车身长度来瞄准，才能击中。（略去空气阻力）。

1-56　几个光滑斜面（a_1，a_2，……）有共同的底边 $b=$ 30厘米。

（1）斜面的倾角 α 应为多少才能使物体在这斜面上从顶端自由滑下来所需的时间 $t=0.4$秒？

（2）怎样的倾角使滑下来的时间最少？

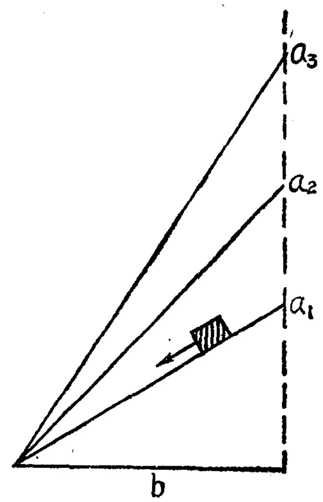

图 1-56

1-57　证明：如果有几个质点同时从某点开始，沿着各个不同方向的斜槽滑下，设空气阻力和摩擦都不计，则在运动过程中的任一时刻，这些质点都位于同一球面上。

1-58　在空中以同样大的速率向各方向把若干小球同时撒出去。证明：在略去空气阻力的情况下，任一时刻，所有小球都位于一个球面上，这球面的中心以自由落体的加速度向下落，其半径则等于 v_0t，（此处 v_0 为诸小球的初速率，t 为各小球被撒出后所经历的时间）。

1-59　一小物体沿光滑斜面由静止开始滑下，在4.0秒钟内滑过100厘米。问其加速度多大？若此小物体沿竖直方向落下，问在相同时间内落下多少厘米？

§3　自　由　落　体

1-60　一小物体从离地面270米高处由静止开始自由下落，如果把这270米分成三段，要求它经过每段的时间都相同，求每段的长度。

1-61　一竖直向上发射的焰火弹，离炮口的速度是 34(米)(秒)$^{-1}$，3.0 秒钟时炸开形成图案。求它炸开时离炮口的高度。设空气阻力可忽略不计。

1-62　一物体从离地面为 h 高的地方，由静止开始自由下落，经过最后196米所需的时间是4.0秒钟。求物体下落过程所用的总时间和高度 h 。

1-63　小球甲从已知高度为 s 处自由下落，同时正对此球从地面以初速度 v_0 垂直上抛另一小球乙，略去空气阻力，问乙的初速 v_0 为多大时，两球在 $\frac{2s}{3}$ 高度处相碰？

1-64　在深井口处由静止落下一石块，经过4.23秒后听到石块落水声。已知声音在空气中的传播速度为340(米)(秒)$^{-1}$，设空气阻力可略去不计，求井的深度。

1-65　一小球从80米高的塔上自由落下。同时，正对此球在地面上以40(米)(秒)$^{-1}$的速度竖直上抛另一小球，问过多少时间两球相遇？在什么高度相遇？（忽略空气阻力）。

1-66　从地面上竖直向上抛出一球，球离地后，在上升过程中，从 $t_1=2.0$ 秒到 $t_2=3.0$ 秒这一段时间内走了 $\Delta s=5.5$ 米的距离，求从抛出到 $t=3.0$ 秒时间内的平均速度 $\bar{v}$ 。（不计空气阻力）。

1-67　把两个小物体从同一地点（地面）、以同样的初速率 $v_0=24.5$(米)(秒)$^{-1}$ 先后竖直上抛，两物体抛出的时间差 $\Delta t=0.500$ 秒，求：

（1）第二个物体抛出后经多少时间 t，方与第一个物体相碰？

（2）如果$\Delta t \geqslant \frac{2v_0}{g}$，那么，结果的物理意义怎样？

1-68　由楼上同时以同样大小的初速率v_0抛掷两物体：一物竖直向上升，另一物竖直向下落，略去空气阻力，求这两个物体之间的距离s与时间t的关系。

1-69　竖直上抛一小球。如不考虑空气阻力，试证明它返回原地时的速率等于出发时的速率，并证明上抛和下落所经过的时间相等。

1-70　设想将一小球竖直地上抛。如考虑空气阻力，问球上升所需要的时间长于还是短于它下落所经过的时间？

（设阻力为一恒力）

1-71　一个人站在地面上某一高度处抛出一个小球，使它的初速度具有向上的分量v_y。然后又抛出一个球，使它的初速度具有向下的分量v_y。忽略空气阻力，问哪个球撞击地面时的速度具有较大的竖直分量？

1-72　楼下一个小孩想把一皮球扔给在四楼窗口的小朋友，四楼窗口离地面15.0米，小孩离窗口的水平距离为3.0米，球出手时高出地面1.50米，略去空气阻力，问小孩扔球的速度(大小和方向)如何，才能使球的最高点刚好到达窗口？

1-73　假设m是一块轻的石头，M是一块重的石头，按照亚里斯多德的看法，M应该比m下落得快些。伽利略用下面的论证表明亚里斯多德的看法在逻辑上是有矛盾的：如果把m和M系在一起，则在下落时，因为m有下落得较慢的趋势，所以m应该阻碍M，因此这一组合的下落便快于m而慢于M；可是另一方面，这个组合比M重些，所以应该下落得比M快些。

如果你认为伽利略的推理是正确的，你将得出什么结论？怎样用实验验证？

如果你认为伽利略的推理是错误的，试说明理由。

1-74　一汽球以5.0(米)(秒)$^{-1}$的匀速度上升，在离地面20米高度时，从气球上掉下一个沙袋。不计空气阻力。

（1）计算沙袋离汽球后$\frac{1}{2}$秒、2秒等时刻，沙袋的位置和速度。

（2）沙袋离气球后，需经过多长时间才落到地面上？落地时速度多大？

（3）作沙袋的高度—时间图。

1-75　一块石头，从高出水面50米的桥上，由静止释放落下。在第一块石头落下1.0秒钟后，另一块石头由桥上竖直扔下，两块石头同时撞击水面。略去空气阻力，问：

（1）第二块石头的初速度多大？

（2）取第一块石头被释放的时刻为$t=0$，对每一石头作v-t图。

1-76　竖直上抛一球，上升时先经P点再经Q点，下落时先经Q点再经P点。已知它两次经过P、Q之间的距离所需总时间为1.0秒，又知Q点比P点高1.5米，问它上升的最大高度比Q点高多少？（不考虑空气的阻力）

1-77　一球从屋簷自由下堕，于0.25秒钟内经过一个2.0米高的窗子。问窗顶离簷几米？（忽略空气阻力）

1-78　一个火箭以20(米)(秒)$^{-2}$的恒定加速度竖直上升半分钟后，燃料用尽，于是像一个自由质点一样运动。略去空气阻力，问：

（1）火箭所达到的最大高度。

（2）它从离开地面再回到地面所经过的总时间。

1-79 一个升降机以 $a=2g$ 的加速度从静止开始上升，在2.0秒末时，它里面用细绳吊着的小球，因绳子断了而往下落。设小球原来到底板的距离为 $h=2.0$ 米。略去空气阻力，求：

（1）小球下落到底板所需的时间 t，

（2）相对于地面，小球下落的距离 s。

1-80 自由落体在最后半秒钟内落下的距离为 $h_1=20$ 米。求下落的总高度 h。

1-81 在高度 $h=40$ 米处竖直抛出一物体，问初速度 v_0 为多大时，方才能使它比自由落下

（1）早 $t=1$ 秒

（2）迟 $t=1$ 秒

落到地上？（略去空气阻力）

§4 抛物运动

1-82 （1）低速炮弹以仰角40°射出，出膛速度为220（米）(秒)$^{-1}$，打中了4100米以外，高度与炮身相等的物体，问空气阻力使炮弹的射程减少了多少。

（2）炮弹速度如果是1.0(公里)(秒)$^{-1}$，仍以40°仰角射出，一般的实际射程是几十公里，问此时空气阻力使炮弹的射程减少了多少？

（3）从以上两种情况，可以知道，当炮弹出口速度超过音速时，阻力大大增加，这就是所谓"音障"。为克服这个困难，应当怎么办？

1-83 （1）应以怎样的抛射角抛物，方才能使物体上升的高度等于物体在水平方向飞过的距离？（略去空气阻力）。

（2）在离地面高为 h 处，沿水平方向抛出一物体，略去空气阻力，问初速度 v 为多大时，才能使它在水平方向所通过的路程为 h 的 n 倍？

1-84 图1-84为一抛物运动的轨迹（忽略空气阻力）。我们已知加速度 $\mathbf{g}$ 是不变的（大小和方向都不变）。

（1）说明切向和法向加速度如何变化。

（2）试根据切向和法向加速度的性质说明整个过程中瞬时速度的大小如何变化。

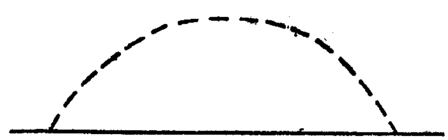

图 1-84

1-85 物体以初速 $v_0=20$(米)(秒)$^{-1}$ 被抛出，抛射角（仰角）是 $\alpha=60°$，略去空气阻力

（1）物体开始运动后1.5秒，运动方向与水平的交角 α 是多少？2.5秒 α 又为多少？

（2）抛出后经过了多少时间，运动方向与水平成 $\alpha=45°$ 角？又这时物体的高度是多少？

（3）求物体轨迹最高点处的曲率半径 R_1；

（4）求物体落地处的曲率半径 R_2。

1-86 子弹的速度，可以根据子弹向水平方向发射后，在一定距离 ΔL 内其轨迹降低的数

值$\triangle h$求得，在子弹所经过的路上竖直地安放两块挡板（如图1-86，使A紧贴枪口，B在A之后ΔL处），子弹通过它们时在A和B各钻了一小孔。根据这两个孔就能确定出Δh，设ΔL、Δh已测得，求子弹的速度。（略去空气阻力及挡板阻力）

1-87　一个人乘摩托车跳越一个大坑，他以65(米)(秒)$^{-1}$且与水平成22.5°夹角的初速度从北边起跳，准确地落在坑的南边。已知南边比北边低70米，忽略空气阻力，取$g=10$(米)(秒)$^{-2}$，回答下列问题：

（1）他飞行多长时间？这矿坑有多宽？

（2）他在南边着陆时，速度与水平面的夹角是多少？速率是多少？

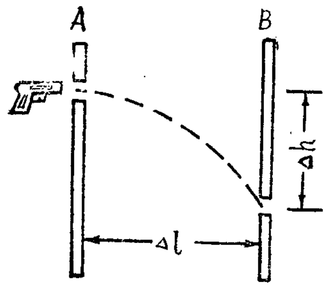

图 1-86

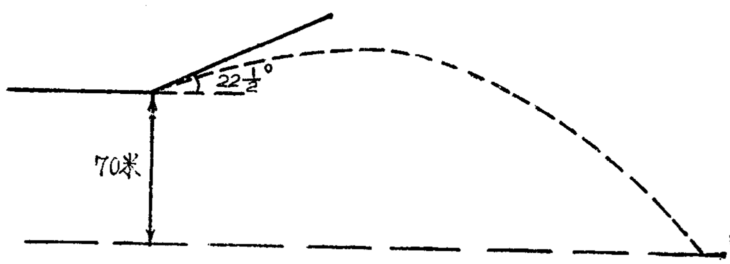

图 1-87

1-88　一个大炮在山脚向小山坡上开火，此小山坡与地平线成一恒定角度Φ，问发射角θ（从地平线算起）为多大时炮弹沿小山坡射得最远？

1-89　一个人站在一平滑的山坡上，山坡与水平线成恒定角度α，他扔出一个初速率为v_0、与水平线成θ角（向上）的小石子（如图1-89）

（1）证明，如果空气阻力可以忽略，小石子落在斜坡上距离为

$$S=\frac{2v_0^2\sin(\theta+\alpha)\cos\theta}{g\cos^2\alpha}$$

（2）由此证明，对于给定的v_0和α值，S的最大值在$\theta=45°-\frac{\alpha}{2}$时得到，并且由下式给出：

$$S_{max}=\frac{v_0^2(1+\sin\alpha)}{g\cos^2\alpha}.$$

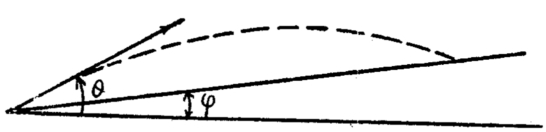

图 1-88

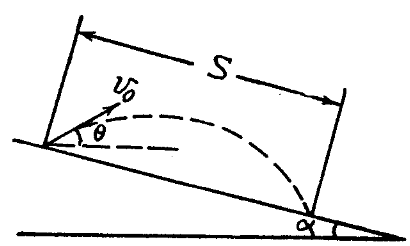

图 1-89

1-90　$t=0$时刻垒球离开A点的球棒，初速度大小为v_0，方向与地面夹角为θ，一个外野开始在C点，C点离开球将击中的B点的距离为x_0，当球打出时，外野就开

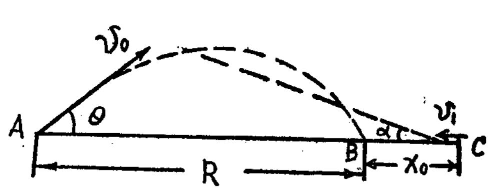

图 1-90

始以恒定速率 v_1 向 B 跑去，使得球与他同时到达 B 点。证明：对于奔跑着的外野来说，球的 $\mathrm{tg}\,\alpha$ 随时间线性地增加，α 是球对他的仰角（如图1-90所示）

1-91　一轰炸机离地面10公里，以240（公里）(时)$^{-1}$的恒定水平速度，向其轰炸目标的正上空飞行。问当瞄准角（瞄准器到目标的视线与竖直线所成的角）Φ 为多大时，就应投下炸弹，才能正好击中目标？（略去空气阻力）。

1-92　一轰炸机离海面10公里，以240（公里）(时)$^{-1}$的水平速度追击正前方一鱼雷艇，鱼雷艇的速度是95（公里）(小时)$^{-1}$，不计空气阻力，问飞机应在艇后多少距离投弹才能正好击中目标？

1-93　一俯冲轰炸机沿与竖直成37°方向俯冲，在800米高度投弹，弹离飞机后5.0秒着地。问：

（1）飞机的飞行速度是多少？

（2）炸弹离开飞机后在水平方向前进多远？

（3）炸弹着地时，速度的大小和方向如何？

1-94　一小孩以16(米)(秒)$^{-1}$的速度把一皮球抛到墙上，墙离小孩5米远。问小孩应以怎样的方向抛球，才能使球在反射后的轨道的最高点刚好在小孩的头顶上方？（设球与墙的碰撞为完全弹性碰撞，略去空气阻力）

1-95　1977年中国男子掷铁饼的最好纪录是54.28米，这纪录是在北京创造的，北京的重力加速度 $g=980.12$（厘米）(秒)$^{-2}$。略去空气阻力，设掷出点比落地点高1.5米，在北京投掷至少要用多大的初速度，才可达到这个距离？

1-96　在小山上安一靶子，由炮位所在处看靶子的仰角为 α，炮与靶子间的水平距离为 L，向目标射击时，炮身的仰角为 β。略去空气阻力，求能射中靶子的子弹的初速度 v_0。

1-97　炮弹的出口速度是400（米)(秒)$^{-1}$，要射中水平距离为1000米、高度为330米的目标。不计空气阻力，试求炮的仰射角。

1-98　设火箭信管的燃烧时间为6.0秒，在与水平成45°角的方向把火箭发射出去时，欲使火箭在弹道的最高点爆炸，不计空气阻力，问应以多大的初速度发射火箭？

1-99　一个球从楼梯顶上以2.0(米)(秒)$^{-1}$的水平速度滑下，所有阶梯恰好都是20厘米高，20厘米宽，问球首先撞在哪一级阶梯上？用草图画出。

1-100　抛射体的初速度为 v_0，抛射角为 θ，略去空气阻力。

伽利略说：“抛射角为 $45°+\delta$ 和 $45°-\delta(\delta<45°)$ 的两个抛射体初速率相同时，射程是相等的”。证明他的话。

1-101　一个足球，沿与水平成45°仰角，以19.5(米)(秒)$^{-1}$的初速率被踢出去。这时离开55.0米远的守门球员，迎着球的方向奔来接球，如果他要在球落地前抓住球，他至少用多大的速度奔来？

1-102　用枪瞄准处在高处的靶，当子弹离开枪口时，靶同时自由下落。如果略去空气阻力，不论子弹速率多大，总会击中下落的靶，这就叫百发百中，试说明其理由。

1-103　从同一点先后抛出两个小石块，初速率相同，抛射角不同（轨道都在同一竖直平面内）结果到达与抛出点等高的同一目的地，一个石块的飞行时间是另一个的2倍、不计空气阻力，它们的抛射角各是多少？

1-104　一弹性球落在一斜面上，与斜面发生完全弹性碰撞，落下高度 $h=20$ 厘米，斜面对水平的倾角 $\alpha=37°$，若不计空气阻力，问它第二次碰到斜面的位置距原来的落下点多远？

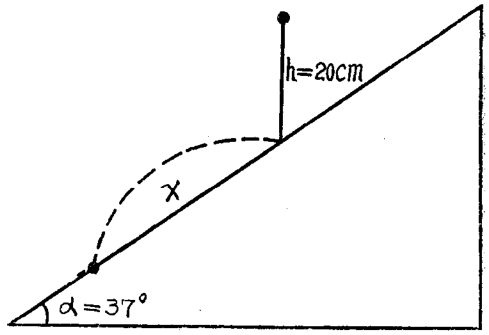

图　1-104

1-105　如图(1-105)，在一高地安放一门炮，高地边缘是一陡壁，炮安放在距陡壁为 $L=22.1$ 公里处，陡壁下的地平面低于炮位 100 米。要想炮击掩蔽在陡壁后面的目标，如果炮弹出口速度为500(米)(秒)$^{-1}$，略去空气阻力，问离陡壁最近的弹着点在何处？（比这再近的地带称为“死角”。）

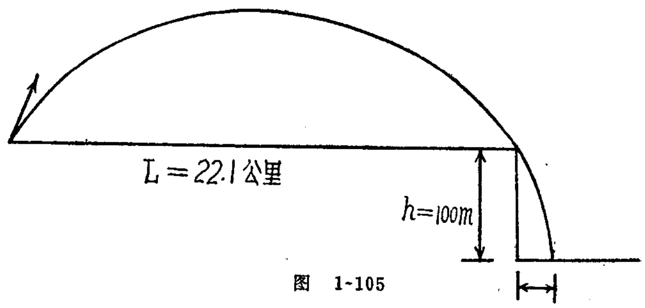

图　1-105

1-106　（1）从距地面高19.6米处的 A 点，沿水平方向投出一小球，初速度为 5.0 (米)(秒)$^{-1}$，在距 A 点5.0米处有一光滑的墙，小球与墙发生完全弹性碰撞(即入射角 $\theta_1=$ 反射角 θ_2，$v_1=v_2$)、弹回后掉到地上 B 点，问 B 点与 A 点水平距离为多少？（略去空气阻力）。

（2）设有两面光滑的、垂直于地平面的相互平行的墙 A、B，二墙水平距离为1.0米，从距地面高19.6米处的 A 点沿水平方向投出一小球，初速度为5.0(米)(秒)$^{-1}$，球与墙的碰撞都是弹性碰撞。问小球落地点距 A 墙水平距离多远？落地前与墙发生了几次碰撞？（略去空气阻力）。

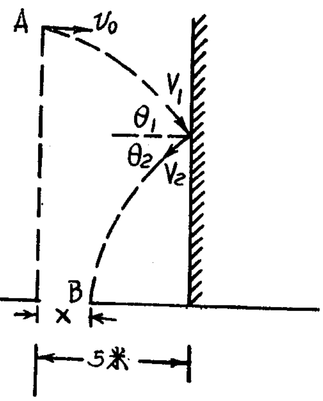

图　1-106 (1)

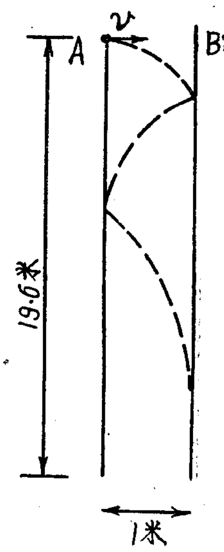

图　1-106 (2)

1-107　两小孩在过道中玩球，过道的天花板高度为 H。设球出手和到手的高度都是 h，他们抛球时出手的速率都是 v_0，问他们之间最远的距离是多少？就 $(H-h)>\frac{v_0^2}{4g}$ 和 $(H-h)<\frac{v_0^2}{4g}$ 两种情形进行讨论。(略去空气阻力。

1-108　炮弹在轨道的最高点发生爆炸、炸成质量相等的两块，有一块沿原轨道回到出发点，设最高点距出发点水平距离为 S，若略去空气阻力，问：