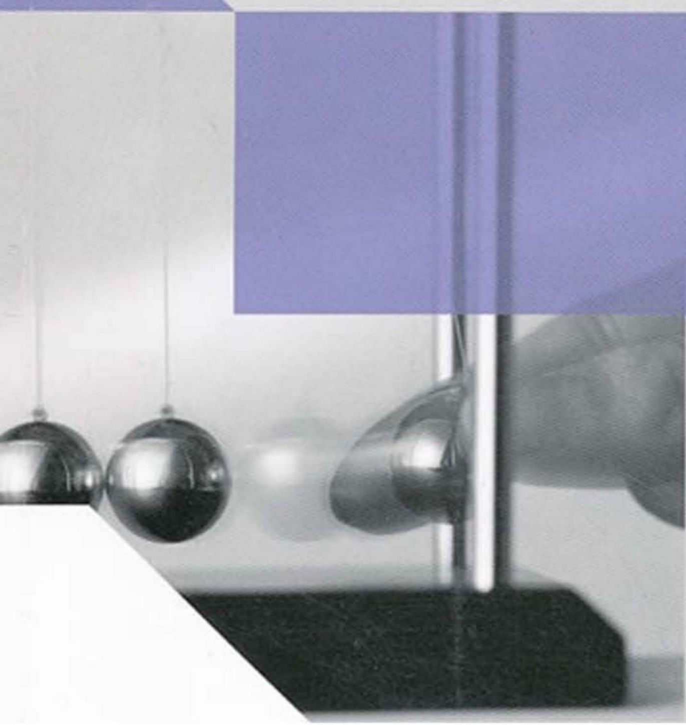
南京师范大学附属中学江宁分校校本课程丛书

QINGCHE DE SIWEI
GAOZHONG WULI SIXIANG YU WULI FANGFA

清澈的思维
——高中物理思想与物理方法

陆天明◎编著



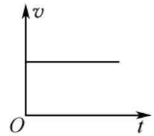
物理教育不只是学习物理知识，更重要的是获得思想方法、修养科学精神并最终形成对自然界的根本看法和认识。物理教育留给学生的应是他们忘掉所有学过的物理知识后而剩下的思维方法、思想观念、科学精神和世界观。

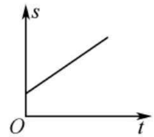
东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

数学同步篇

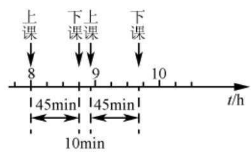
第一章　运动的描述

- 运动的描述
  - 用打点计时器测速度
    - 原理
    - 打点计时器的使用
  - 匀速直线运动
    - 定义
    - 图象

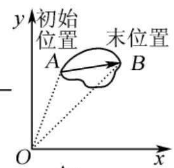




  - 描述运动的物理量
    - 时刻



    - 时间
    - 位置
    - 位移



    - 速度—— $v=\dfrac{\Delta s}{\Delta t}$
    - 速率
    - 加速度—— $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$
  - 描述工具
    - 参考系——直角坐标系
    - 质点
      - 定义
      - 条件
  - 物理量类型
    - 从运算法则角度
      - 标量
      - 矢量
    - 从与时间、时刻的联系
      - 状态量
      - 过程量

§1.1 物理建模(一)

雄鹰拍打着翅膀在空中翱翔,足球在绿茵场上飞滚……对于这些司空见惯的机械运动,我们很难描述其上各点的位置及其随时间的变化,原因是这些看似简单的运动,实际上却非常复杂,雄鹰的身体在向前运动,但它的翅膀在向前的同时还要上下运动,足球在向前运动的同时还在滚动……

困难和麻烦就出在任何物体都有大小和形状,物体的各部分的运动情况不一样.那么,怎样描述物体的运动呢?

如果物体是没有大小和形状的点的话,就不会有以上所说的麻烦了,然而这种想法与实际显然是不符的,但是,我们可以进一步设想,在现实的自然界中,在某些特定的条件下,研究物体的运动时是不是可以忽略某些物体的大小和形状而把它们看成是"点"呢?

人类居住的地球在绕太阳公转的同时又在绕地轴自转,因此地球的各部分离太阳的距离不断变化,相对于太阳而言,地球上各点的运动情况各不相同.但是地球的直径不到 1.3×10^4 km,而地球与太阳间的平均距离约为 1.5×10^8 km,是地球大小的一万多倍,所以在研究地球的公转时,由于地球的大小而引起的地球上各部分的运动差异就可以忽略不计,这时的地球就可以看成是"点".

列车在行驶时,它的发动机、传动机构及车轮的运动是很复杂的,列车上的各点的运动也不尽相同.但是当我们研究火车从北京到上海的时间时,上述运动均可以不予考虑,我们只关心列车的整体运动情况,从而可以用一个"点"来代替列车.

所以,在某些情况下,我们可以把物体看成是没有质量、只有大小的点,这就是质点(mass point).把一个物体看成是质点的条件是什么呢?

不难分析,如果**物体的大小和形状对所研究的问题没有影响或影响很小**,那么就可以把这个物体看成是质点,这就是物体可以看作质点的条件.关键是,在什么

样的情形下，物体的大小和形状对所研究的问题没有影响或影响很小？通过观察发现，以下三种情形中的物体一般是可以被看成质点的：

1. 物体只做平动.

2. 只研究物体的平动，而不考虑其转动效果.

3. 物体的位移远远大于物体本身的尺度.

根据事物的特点，舍弃撇开次要的、非本质的因素，抓住主要的、本质的因素，建立一个易于研究的、能反映研究对象主要特征的新形象，这个新形象就是模型。*[1] 简单地说，模型就是对事物的简化和抽象.由于模型在实际中是不存在的，所以又称为理想模型.理想模型是科学抽象与概括的结果.在物理学中，通过建立物理模型来研究问题的方法称为物理建模法，是科学研究的基本方法之一，物理建模法也叫做物理模型法、理想模型法等.质点是物理学中一个重要模型，也是一个典型的模型，在物理学中类似于这种理想模型的还有很多，在初中我们就学过不少，如：

1. 光线：光线是看不见的，我们使用一条看得见的实线来表示，将问题简化.

2. 理想气体：对真实气体简化和抽象：分子之间没有相互作用力，分子是没有大小的质点.

3. 电场线：为了研究问题的方便而引入的有方向的曲线，其上每一点的切线方向为该点的正电荷的受力方向.

4. 磁感线：为了研究磁场，我们引入一条线将研究的问题简化，其实这条线并不存在.

5. 原子模型：研究肉眼观察不到的原子结构时，建立原子核式结构模型.

6. 电路图：是对实物电路的简化.

7. 力的示意图或力的图示：是实际物体和作用力的模型.

8. 研究连通器原理时用到的液片模型.

例 1 下列几种运动中的物体，可以看作质点的是(　　)

(A) 从广州飞往北京的飞机

(B) 绕地轴做自转的地球

(C) 绕太阳公转的地球

(D) 在平直公路上行驶的汽车

【解析】 质点是一种理想化的物理模型，它的本质是突出问题的主要因素，忽

* 杨震云.物理模型理论与高中学生建模能力培养的研究[D].南京：南京师范大学硕士论文，2000.

略问题的次要因素.一个物体能否被看成质点要具体情况具体分析.同样一个物体有的情况下可以看成质点,有时却不能.从广州飞往北京的飞机可以看成为质点,因为此时飞机的形状与大小对研究问题并无大的影响;绕地轴做自转的地球不能被看成质点,而绕太阳公转的地球则可以看成为质点,因为地球的自转对它绕太阳公转的影响可以忽略.在平直公路上行驶的汽车可视为质点.故该题的正确答案为A、C、D.

【答案】 ACD

【点评】 本题只要对照物体可以看成是质点的一个条件和三种情形就可以做出正确判断了.

例2 19世纪末,汤姆孙发现了电子,将人们的视线引入到了原子的内部,由此,科学家们提出了多种原子结构的模型.据你初中所学知识,你认为原子结构与下列哪种事物结构最接近(　　)

(A) 西红柿　　(B) 西瓜　　(C) 面包　　(D) 太阳系

【答案】 D

【解析】 这里将原子核类比于太阳,将核外电子类比于行星,它们在空间结构和运动方式上都是相似的.

思维方法训练

1. 下列各物体中,可以看做"质点"的有(　　)
   (A) 做花样滑冰的运动员
   (B) 远洋航行的巨轮
   (C) 环绕地球的人造卫星
   (D) 转动着的砂轮
2. 下列关于质点的说法正确的是(　　)
   (A) 体积很小的物体都可以看作质点
   (B) 质量很小的物体都可以看作质点
   (C) 不论质量多大,都可以被看成质点
   (D) 高速运动的物体可以被看作质点,低速运动的物体不可被看作质点
3. 下列所研究的物体中,可以看成质点的有(　　)
   (A) 研究"神舟"飞船绕地球飞行的周期
   (B) 研究火车通过站台上某路标的时间
   (C) 用GPS确定远洋海轮在大海中的位置时的远洋海轮
   (D) 教练员对舞蹈演员的舞蹈动作进行指导时的演员

4．关于质点，下列说法正确的是（　　）

（A）质点一定是体积、质量极小的物体

（B）计算火车过桥时所用时间，火车可当成质点

（C）虽然地球很大，且有自转，研究地球公转时仍可作为质点

（D）运动员在百米赛跑时不可作为质点，在马拉松比赛时可作为质点

5．在物理学中，可以用一条带箭头的直线来表示光的传播路径和方向，这条想象的线叫做光线．在下列几个物理学研究的实例中，与引入“光线”这一物理概念的方法相类似的是________（选填序号）．

（1）在研究串联、并联电路时，引入“总电阻”的概念；

（2）在研究磁体的磁场时，引入“磁感线”的概念；

（3）在研究物体受几个力作用的情况时，引入“合力”的概念．

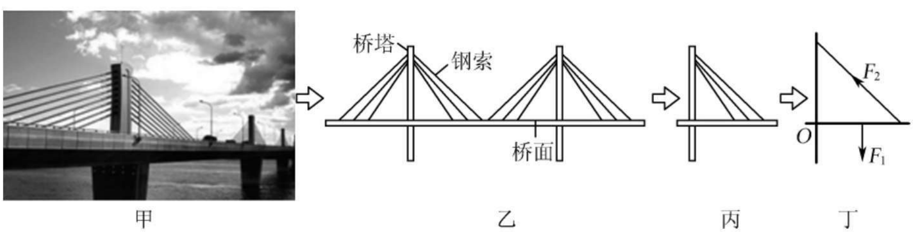
6．斜拉桥又称斜张桥，是将主梁用许多拉索直接拉在桥塔上的一种桥梁，其设计和建造用到了很多物理学的知识和研究方法．现将大桥的结构进行简化，取其部分可抽象成如图丁所示的模型．

（1）可以看出它用到了力的________，其中 O 点是________，________代表桥重和过往车辆等产生的对桥的作用力．

（2）为了减小钢索承受的拉力，在需要与可能的前提下，可以适当增加塔桥的高度，请分析原因．

（3）假如让你来设计新的斜拉索式大桥，你还能提出什么方法减轻钢索承受拉力？（说出一种方法即可）

（4）在上述的研究中，我们用到了物理学中很重要的一种研究方法：建立模型．建立模型可以帮助人们透过现象，忽略次要因素，从本质认识和处理问题；建立模型还可以帮助人们显示复杂事物及过程，帮助人们研究不易甚至无法直接观察的现象．迄今为止，你在研究哪些问题时也用到了这种研究方法？请举一例具体说明．



甲　　　　乙　　　　丙　　　　丁

思维方法训练详解

1.【答案】 BC

【解析】 如果物体的大小、形状在所研究的问题中属次要因素,可忽略不计,该物体就能看作质点.花样滑冰运动员,有着不可忽略的旋转等动作,身体各部分运动情况不完全相同,所以不能看作质点.同理,砂轮也不能当做质点.远洋巨轮、人造卫星运行的距离比它们本身的大小大得多,其体积可以忽略,可视为质点,所以B、C正确.

【点评】 一个物体能否看成质点,并非取决于物体的大小,而要看物体自身的体积、形状在所讨论的问题中是属于主要因素还是次要因素.若体积、形状是次要因素,即使体积很大,物体也可看做质点.例如,研究地球公转问题中,地球就可看成是质点.相反,若体积、形状属主要因素,即使体积很小的物体也不能看成是质点.例如,研究乒乓球的旋转球技术时,乒乓球就不能看作质点.太阳系中木星、土星体积都比地球大得多,但研究它们绕太阳的公转时均可做质点,研究它们的自转时就不能把它们看作质点.从不同角度研究同一运动物体,有时可看作质点,有时不能看作质点.

2.【答案】 C

【解析】 对照可以把物体看作质点的一个条件和三种情形不难看出应选C.

3.【答案】 AC

【解析】 对照可以把物体看成是质点的条件,应选AC.

4.【答案】 CD

【解析】 对照可以把物体看成是质点的条件,应选CD.

5.【答案】 (2)

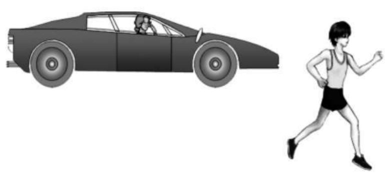
【解析】 光线是表示光的传播方向的直线,是一种几何的抽象,在实际当中没有.(1)、(3)是等效法.

6.【答案】 (1) 杠杆原理　支点　F_1.　(2) 增加桥塔的高度,可以增大拉力的力臂.根据杠杆平衡的条件,钢索所受的拉力也随之减小.　(3) 使用新型轻质材料减小桥梁自重.　(4) 电路图是实物电路的模型;力的示意图或力的图示是实际物体和作用力的模型;实验室常用手摇交流发电机及挂图来研究交流发电机的原理和工作过程(还有诸如柴油机、汽油机模型等);研究连通器原理时用到液片模型;研究肉眼观察不到的原子结构时,建立原子核式结构模型.

§ 1.2 比值法（一）

如果思想方法不好，即使是天才也将一事无成.

——巴甫洛夫



汽车跑得比人快，飞机又比汽车快，不同物体的运动的快慢不尽相同，那么怎样描述物体运动的快慢？

我们可以通过用相同长度所用的时间来表示，如体育比赛中的百米赛跑，哪个运动员用时少，哪个跑得就快. 当然也可以用相同时间物体所发生的位移来表示. 在物理学中规定用速度即位移和时间的比值来表示物体运动的快慢，用公式表示为：

$$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$$

v 的值越大，表示物体运动得越快.

实际上，物体快慢程度完全可以用$\frac{\Delta t}{\Delta x}$来表示，当然，如果使用这个物理量的话，则这个物理量实际是表示物体的运动的“慢度”，因为这个物理量越大，表示物体运动得越慢.

不同物体运动的加速能力也不尽相同，即速度变化的快慢是不一样的，怎样描述物体运动的速度变化的快慢呢？

当然我们可以用变化相同的速度所用的时间来表示，也可以用相同的时间内物体速度变化的多少来表示，在物理学中规定用加速度即速度的变化量和时间的比值来表示物体速度变化的快慢，用公式表示为：

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

以上所用的定义物理量的方法称为比值法.

比值定义法(the method of defining by the ratio)就是在定义一个物理量的时候采取比值的形式. 用比值法定义的物理概念在物理学中占有相当大的比例，除了上述的速度和加速度以外，在初中学过的用比值法定义的物理量还有：

密度：$\rho=\dfrac{m}{V}$

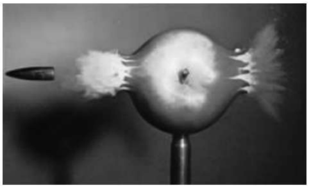
功率：$P=\dfrac{W}{t}$

比热容：$c=\dfrac{Q}{m\Delta t}$

电阻：$R=\dfrac{U}{I}$

以后我们还要学习一些物理量的比值法定义.

用来定义物理量的比值法还有另一个名称，叫做属性定义法. 比值法所定义的概念，是在其他两个或两个以上的概念的相互关系中得出的结论. 一个用比值法定义的概念，不仅包含了用来定义它的两个或两个以上概念的特性，而且反映了事物本身所具有的不同于他物的特性.



例 1 图示为高速摄影机拍摄到的子弹穿过苹果瞬间的照片. 该照片经过放大后分析出，在曝光时间内，子弹影像前后错开的距离约为子弹长度的 1%～2%. 已知子弹飞行速度约为 500 m/s，子弹长度约为 5 cm，由此可估算出这幅照片的曝光时间最接近（　　）

(A) 10^{-3} s　　(B) 10^{-6} s　　(C) 10^{-9} s　　(D) 10^{-12} s

【答案】 B

【解析】 由于子弹飞行速度较大而飞行距离很小，故此过程可看成是匀速直线运动.

子弹的长度约为 5 cm，则曝光时间内子弹移动的距离为为：

$$s=5\times1\%\text{cm}=0.05\ \text{cm}=5\times10^{-4}\ \text{m}$$

曝光时间：

$$t=\frac{s}{v}=\frac{5\times10^{-4}}{500}\text{s}=10^{-6}\ \text{s}.$$

§1.3　微元法(一)

先让我们回顾一下瞬时速度的定义.

我们知道 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 表示的是物体在 Δt 时间内的平均速度,要表示物体在某一时刻的速度则必须使 $\Delta t \to 0$,这时 $\Delta x \to 0$,这里的 Δt 和 Δx 就是微元. 严格地说,瞬时速度的定义应是:

$$v=\lim_{\Delta t \to 0}\frac{\Delta x}{\Delta t}$$

这时的 $\lim\limits_{\Delta t \to 0}$ 是一个数学符号,表示的是 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 在 $\Delta t \to 0$ 时的极限. 读作"$\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 在 $\Delta t \to 0$ 时的极限".

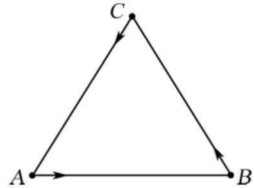
再让我们回顾一下瞬时加速度的定义.

$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 表示的是物体在 Δt 时间内的平均加速度,要表示物体在某一时刻的加速度则必须使 $\Delta t \to 0$,这时必然也有 $\Delta v \to 0$,这里的 Δt 和 Δv 就是微元. 严格地说,瞬时速度的定义应是:

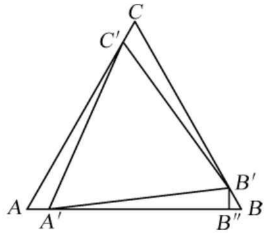
$$a=\lim_{\Delta t \to 0}\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

微元法是分析、解决物理问题时的常用方法,也是从部分到整体的思维方法. 用该方法可以使一些复杂的物理过程以我们熟悉的物理规律迅速地加以解决,使所求的问题简单化. 在使用微元法处理问题时,需将其分解为众多微小的"元过程",而且每个"元过程"所遵循的规律应是相同的,这样,我们只需分析这些"元过程",然后再将"元过程"进行必要的数学方法或物理思想处理,进而使问题求解. 使用此方法会加强我们对已知规律的再思考,从而起到巩固知识、加深认识和提高能力的作用.

例 1　如图所示,三个芭蕾舞演员同时从边长为 a 的正三角形顶点 A、B、C 出发,以相同的速率 u 运动,运动中始终保持 A 朝着 B,B 朝着 C,C 朝着 A,试问经多少时间三人相聚?



【解析】 经过很短的时间 dt 后，A 点运动到 A' 点，B 点运动到 B' 点，C 点运动到 C' 点. 以 A' 点为圆心，$A'B'$ 长为半径画圆，与 AB 交于 B'' 点，B'' 与 B 之间的距离为 $u\mathrm{d}t\cos60°$.



经过 dt 后，A、B 两点的距离即 A'、B' 两点间的距离为：

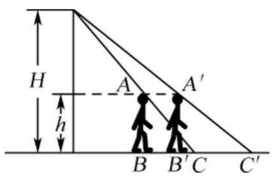
$$\overline{A'B'}=\overline{A'B''}=a-u\mathrm{d}t-u\mathrm{d}t\cos60°=a-\frac{3}{2}u\mathrm{d}t$$

A、B 两点间距离减少了 $\frac{3}{2}u\mathrm{d}t$，A、B 两点的接近速度为 $\frac{3}{2}u$，AB 相遇所经过的时间为：

$$t=\frac{a}{\frac{3}{2}u}=\frac{2a}{3u}$$

思维方法训练

1. 如图所示，一个身高为 h 的人在灯下以速度 v 沿水平直线行走. 设灯距地面高为 H，求证：人影的顶端 C 点是做匀速直线运动，并求出速度的大小.



2. 在一边长为 a 的正 n 边形的各顶点上，各有一个质点. 从 $t=0$ 时刻开始，各质点以相同的速率 v 开始运动，运动过程中所有的质点都为逆时针方向，并且始终对准它的下一个质点，问经过多少时间后，所有质点同时相遇？

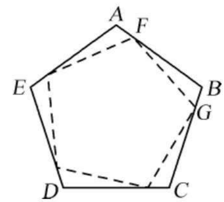
思维方法训练详解

1.【解析】 设某一时间人经过 AB 处，再经过一微小过程 $\Delta t(\Delta t\to0)$，人由 AB 到达 $A'B'$，人影顶端由 C 点到达 C' 点，由于人的位移 $\Delta s_{AA'}=v\Delta t$，则人影顶端的移动速度：

$$v_C=\lim_{\Delta t\to0}\frac{\Delta s_{CC'}}{\Delta t}=\lim_{\Delta t\to0}\frac{\frac{H}{H-h}\Delta s_{AA'}}{\Delta t}=\frac{Hv}{H-h}$$

可见 v_C 与所取时间 t 的长短无关，所以人影的顶端 C 点做匀速直线运动.

【点评】 本题是用“微元法”解答的典型问题.



2.**【解析】** 对一个正 n 边形，内角的度数是 $\frac{(n-2)\pi}{n}$，设每边的长度是 a(以五边形为例)，A 顶点对着 B 质点运动到点 F 处，B 质点对着 C 顶点运动到点 G 处，在 BGF 中，用余弦定理得：

$$FG^2=(a-v\Delta t)^2+(v\Delta t)^2-2(v\Delta t)(a-v\Delta t)\cos\frac{(n-2)\pi}{n}$$

舍去高阶小量

$$\begin{aligned}FG&=\left[a^2-2v\Delta ta-2v\Delta ta\cos\left(\frac{n-2}{n}\pi\right)\right]^{\frac{1}{2}}\\&=a\left\{1-\frac{2v\Delta t}{a}\left[1+\cos\left(\frac{n-2}{n}\pi\right)\right]\right\}^{\frac{1}{2}}\end{aligned}$$

因为

$$\frac{2v\Delta t}{a}\left[1+\cos\left(\frac{n-2}{n}\pi\right)\right]\ll 1$$

所以

$$FG=a\left\{1-\frac{v\Delta t}{a}\left[1+\cos\left(\frac{n-2}{n}\pi\right)\right]\right\}$$

$$a-FG=v\Delta t\left[1+\cos\left(\frac{n-2}{n}\pi\right)\right]$$

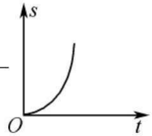
每边边长的减短率为

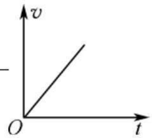
$$v\left[1+\cos\left(\frac{n-2}{n}\pi\right)\right]$$

相遇时间：

$$\begin{aligned}t&=\frac{a}{v\left[1+\cos\left(\frac{n-2}{n}\pi\right)\right]}\\&=\frac{a}{v\left(1-\cos\frac{2\pi}{n}\right)}\end{aligned}$$

第二章　匀变速直线运动

- 匀变速直线运动的研究
  - 匀变速直线运动
    - 定义
    - 图象
      - 

      - 

  - 匀变速直线运动的规律
    - 基本公式
      - 加速度公式——$a=\dfrac{v_t-v_0}{t}$
      - 速度公式
        - $v_t=v_0+at$
        - $\overline{v}=\dfrac{v_0+v_t}{2}$
      - 位移公式
        - $s=\dfrac{v_0+v_t}{2}t$
        - $s=v_0t+\dfrac{1}{2}at^2$
        - $s=\dfrac{v_t^2-v_0^2}{2a}$
    - 基本推论
      - 等时划分
        - 初速度为零
          - $v_1:v_2:v_3:\cdots:v_n=1:2:3:\cdots:n$
          - $s_1:s_2:s_3:\cdots:s_n=1^2:2^2:3^2:\cdots:n^2$
          - $s_{\mathrm{I}}:s_{\mathrm{II}}:s_{\mathrm{III}}:\cdots:s_N=1:3:5:\cdots:(2N-1)$
        - 初速度不为零
          - $\Delta s=aT^2=$ 恒量
          - $v_{\frac{t}{2}}=\dfrac{v_0+v_t}{2}=\overline{v}$
      - 等位移划分
        - 初速度为零
          - $t_1:t_2:t_3:\cdots:\sqrt{n}=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\cdots:\sqrt{n}$
          - $t_{\mathrm{I}}:t_{\mathrm{II}}:t_{\mathrm{III}}:\cdots:t_N=1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\cdots:(\sqrt{N}-\sqrt{N-1})$
          - $v_1:v_2:v_3:\cdots:v_n=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\cdots:\sqrt{n}$
        - 初速度不为零
          - $v_1^2-v_0^2=v_2^2-v_1^2=\cdots=v_n^2-v_{n-1}^2$
          - $v_{\frac{s}{2}}=\sqrt{\dfrac{v_0^2+v_t^2}{2}}$
  - 匀变速直线运动的实例——自由落体运动
    - 定义
    - 规律
      - $h=\dfrac{1}{2}gt^2$
      - $v_t=gt$

§ 2.1　图象法（一）

图象法是把抽象复杂的物理过程表示成物理图象，将物理量间的代数关系转变为几何关系，运用图象直观、形象、简明的特点，来分析解决物理问题，由此达到化难为易、化繁为简的目的.

我们学过了不少图象，如 $v-t$ 图象、$s-t$ 图象、$U-I$ 图象等.

图象法在处理某些运动问题，如追及与相遇等问题是非常有效的方法.

分析求解有关图象问题，一定要正确理解图象的意义，即

1. 首先明确所给的图象是什么图象. 即认清图象中横、纵轴所代表的物理量及它们的函数关系. 特别是那些图形相似、容易混淆的图象，更要注意区分.

2. 要清楚地理解图象中的“点”、“线”、“斜率”、“截距”、“面积”的物理意义.

(1) 点：图线上的每一个点对应研究对象的一个状态，要特别注意“起点”、“终点”、“驻点”，它们往往对应一个特殊状态.

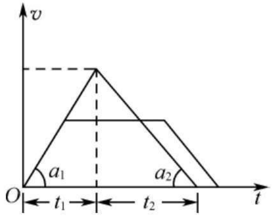
(2) 线：表示研究对象的变化过程和规律，如 $v-t$ 图象中，图线若为倾斜直线，则表示物体做匀变速直线运动.

(3) 截距：表示横、纵坐标代表的两物理量在“边界”条件下的大小.

(4) 斜率：表示横、纵坐标代表的两物理量的比值，常有一个重要的物理量与之对应，用于求解定量计算对应物理量的大小和定性分析变化的快慢的问题. 如 $s-t$图象的斜率表示速度大小，$v-t$ 图象的斜率表示加速度大小.

(5) 面积：图线与坐标轴围成的面积常与某一表示过程的物理量相对应. 如 $v-t$图象与横轴包围的“面积”大小表示位移大小.

例 1　如图所示，一火车沿直线轨道从静止出发，由 A 地驶向 B 地，并停止在 B 地. AB 两地相距 s，火车做加速运动时，其加速度最大为 a_1，做减速运动时，其加速度的绝对值最大为 a_2，由此可以判断出该火车由 A 到 B 所需的最短时间为多少？



【解析】　整个过程中火车先做匀加速运动至加速度最大，后做匀减速运动，所用时间最短，可用图象法来解. 根据题意作 $v-t$ 图，由图可得

$$a_1=\frac{v}{t_1} \qquad ①$$

$$a_2=\frac{v}{t_2} \tag{②}$$

$$s=\frac{1}{2}v(t_1+t_2)=\frac{1}{2}vt \tag{③}$$

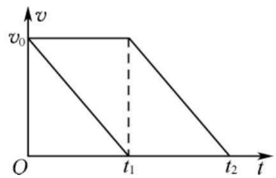
由①、②、③解得

$$t=\sqrt{\frac{2s(a_1+a_2)}{a_1\ a_2}}$$

例 2 两辆完全相同的汽车，沿水平直路一前一后匀速行驶，速度为 v_0，若前车突然以恒定的加速度刹车，在它刚停住时，后车以前车刹车时的加速度开始刹车. 已知前车在刹车过程中所行的距离为 s，若要保证两辆车在上述情况下不相碰，则两车在做匀速行驶时保持的距离至少为（　　）

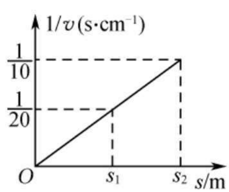
(A) s　　(B) $2s$　　(C) $3s$　　(D) $4s$

【解析】 物体做直线运动时，其位移可用速度一时间图象即 $v-t$ 中的面积来表示，故可用图象法解答.



做两物体运动的 $v-t$ 图象如图所示. 前车发生的位移 s 为三角形 v_0Ot_1 的面积，由于前后两车的刹车加速度相同，根据对称性，后车发生的位移为梯形的面积 $s'=3s$，两车的位移之差为恰不相碰时，即两车匀速行驶时应保持的最小车距为$2s$. 所以应选 B.

例 3 一只老鼠从老鼠洞沿直线爬出，已知爬出速度 v 的大小与距老鼠洞中心的距离 s 成反比，当老鼠到达距老鼠洞中心距离 $s_1=1$ m 的 A 点时，速度大小为 $v_1=20$ cm/s，问当老鼠到达距老鼠洞中心 $s_2=2$ m 的 B 点时，其速度大小 v_2 为多少？老鼠从 A 点到达 B 点所用的时间 t 为多少？



【解析】 老鼠从老鼠洞沿直线爬出，已知爬出的速度与通过的距离成反比，

不能通过匀速运动、匀变速运动公式直接求解，但可以通过图象法求解，因为在$\frac{1}{v}-s$图象中，所围面积即为所求的时间.以距离 s 为横轴，$\frac{1}{v}$为纵轴建立直角坐标系，s 与$\frac{1}{v}$成正比，作$\frac{1}{v}-s$ 图象如图所示，由图可得，$s=2$ m 时，老鼠的速度为 10 cm/s.

1 m 到 2 m 之间图线与横轴包围的面积即为所求的时间，所以老鼠从 A 到 B 爬行的时间为 $t=\left(\frac{1}{0.2}+\frac{1}{0.1}\right)\times\frac{1}{2}$ s=7.5 s.

【点评】 此题的难度极大，对解题者的能力要求很高.

思维方法训练

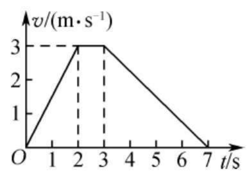
1. 如图是某物体做直线运动的 $v-t$ 图象，由图象可得到的正确结果是(　　)

(A) $t=1$ s 时物体的加速度大小为 1.0 m/s^2

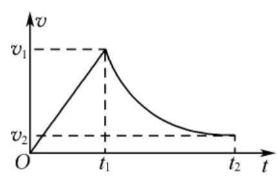
(B) $t=5$ s 时物体的加速度大小为 0.75 m/s^2

(C) 第 3 s 内物体的位移为 1.5 m

(D) 物体加速过程的位移比减速过程的位移大



2. 在军事演习中，某空降兵从飞机上跳下，先做自由落体运动，在 t_1 时刻，速度达较大值 v_1 时打开降落伞，做减速运动，在 t_2 时刻以较小速度 v_2 着地.他的速度图象如图所示.下列关于该空降兵在 $0\sim t_1$、$t_1\sim t_2$ 时间内的平均速度 $\bar{v}$ 的结论正确的是(　　)



(A) $0\sim t_1$，$\bar{v}=\frac{v_1}{2}$

(B) $t_1\sim t_2$，$\bar{v}=\frac{v_1+v_2}{2}$

(C) $t_1\sim t_2$，$\bar{v}>\frac{v_1+v_2}{2}$

(D) $t_1\sim t_2$，$\bar{v}<\frac{v_1+v_2}{2}$

3. 甲、乙、丙三辆汽车以相同的速度经过某一路标，从此时开始，甲车做匀速直线运动，乙车先加速后减速，丙车先减速后加速，它们经过下一个路标的速度相同，则(　　)

(A) 甲车先通过下一路标