

全新修订

新

XINZHUANTI
JIAOCHENG

专题教程

第三版

高中物理 1

力学 (上)

张培荣 主编



华东师范大学出版社

新专题教程

XINZHUANTI JIAOCHENG

高中物理 1

力学（上）



华东师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新专题教程. 高中物理 1 力学. 上/张培荣主编. —上海:
华东师范大学出版社, 2004. 3

ISBN 978-7-5617-3774-3

I. 新... II. 张... III. 物理课-高中-教学参考资料
IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 021881 号

新专题教程

高中物理 1 · 力学(上)

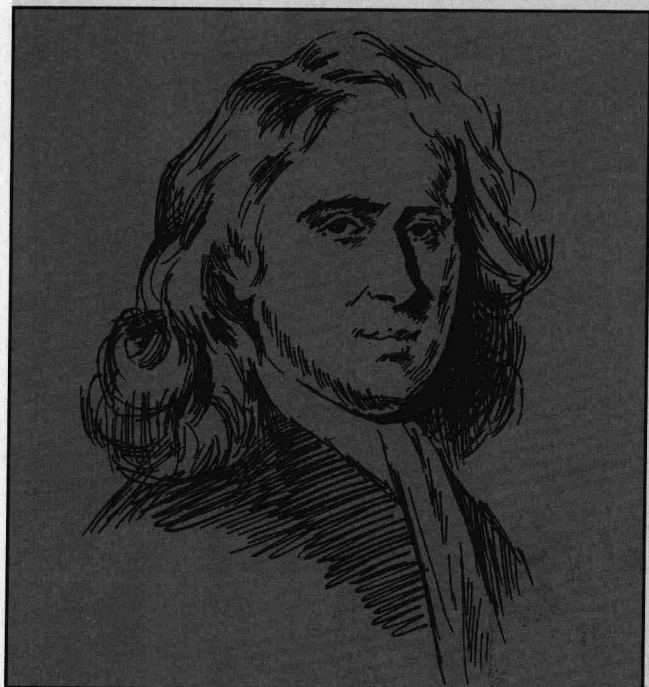
主 编 张培荣
策划组稿 教辅分社
项目编辑 徐红瑾
文字编辑 张治国
封面设计 黄惠敏
版式设计 蒋 克

出版发行 华东师范大学出版社
社 址 上海市中山北路 3663 号 邮编 200062
电 话 021-62450163 转各部 行政传真 021-62572105
网 址 www.ecnupress.com.cn www.hdsdbook.com.cn
市 场 部 传真 021-62860410 021-62602316
邮购零售 电话 021-62869887 021-54340188

印 刷 者 苏州市永新印刷包装有限责任公司
开 本 787×960 16 开
印 张 10.25
字 数 192 千字
版 次 2007 年 6 月第三版
印 次 2007 年 6 月第一次
印 数 16 000
书 号 ISBN 978-7-5617-3774-3 /G·2081
定 价 12.00 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社市场部调换或电话 021-62865537 联系)



没有大胆的猜测就作不出伟大的发现。

——牛顿

总 序

高中物理 1 · 力学 (上)

亲爱的读者,展现在您面前的这套《新专题教程》系列图书是按新课程标准所列的内容,在“新教学理念、新教学方法”的指导下,按专题编写,涵盖初、高中语文、数学、英语、物理和化学 5 个学科,共计 50 个分册。

本丛书自初版起就坚持“完整、系统、深入、细致”的编写特色,甫一面世,就受到广大学生的欢迎。但我们不敢懈怠,我们必须与时俱进。根据现行中学教材的变化情况及中、高考的变化趋势,我们进行了多方调研,在此基础上,组织作者对本丛书进行了全面的修订。新修订的这套丛书,不仅知识点配套,而且题型新颖,更利于学生对学科知识的理解和掌握。

丛书有以下特点。

作者权威 编写队伍由师范大学学科专家及长期在教学第一线的全国著名中学特、高级教师组成。他们有先进的教育理念和丰富的教学经验,是中、高考研究方面的专家,他们的指导更具权威性。

材料典型 丛书精选了近几年的中、高考试题,还收集了许多有代表性的例题,编写者对这些典型材料进行了详细的解读,还设置了有针对性的训练。总之,编写者力求从国家课程标准的知识内容中提炼出相应的能力要求,并对重点知识进行深入、细致的讲解,对难点用实例的方法进行释疑,使用这套丛书,能切实提高学生的学习效果。

总 序

高中物理
1 · 力学
(上)

版本通用 丛书以教育部颁布的新课程标准为编写依据,不受教材版本限制,按各学科知识内容编排,独立成册,不仅与教学要求相对应,更体现了学科知识的完整性、系统性和科学性,具有很强的通用性。

编排科学 丛书在编排时照顾到了学生的差异性,读者可以根据自己学习中的薄弱环节,有重点地选择,有针对性地学习,以达到事半功倍的效果。丛书坡度设计合理,帮助学生在知识学习的基础上,充分了解和掌握运用知识解决问题的方法,提升学习能力。

愿《新专题教程》成为您的好伙伴,学习的好帮手,为您的学习带来诸多的便利,给您一个智慧的人生。

华东师范大学出版社
教辅分社

CONTENTS

目 录

高中物理 1 · 力学 (上)

第一章 直线运动 1

- § 1.1 位移、速度和加速度 1
§ 1.2 匀变速直线运动 10
§ 1.3 自由落体运动 27
单元测试 34

第二章 物体的平衡 38

- § 2.1 受力分析 38
§ 2.2 力的合成与分解 47
§ 2.3 共点力平衡 54
§ 2.4 力矩平衡 65
单元测试 75

第三章 牛顿运动定律 80

- § 3.1 牛顿运动定律 80
§ 3.2 牛顿定律的应用 90
§ 3.3 连接体问题 104
单元测试 114

第四章 抛体运动 119

- § 4.1 竖直上抛运动 119
§ 4.2 运动的合成与分解 128
§ 4.3 平抛运动 135
单元测试 144

参考答案 148

直线运动

§ 1.1 位移、速度和加速度

【内容解读】

1. 质点

在某些条件下,忽略了物体的形状和大小而把物体看成是一个有质量的点,称为质点。质点是一种理想模型,物体可以看作质点的条件是:(1)足够小(物体的线度远小于其运动范围,以致物体的形状、大小都可忽略);(2)物体上各点的运动情况相同(即物体做平动)。

2. 位移

(1) 定义:质点的位置变化叫位移,位移的大小等于起点到终点的直线距离,方向由起点指向终点;

(2) 位移与路程的区别:位移是矢量,路程是标量。位移大小指起点到终点的直线距离,路程指实际运动轨迹的长度。

3. 速度

速度是表示物体运动快慢的物理量,对变速运动常用平均速度和瞬时速度来描述其运动的快慢。

(1) 平均速度: $\bar{v} = \frac{s}{t}$, 是用一个匀速运动等效替代变速运动,可用来粗略描述物体运动的快慢;

(2) 瞬时速度:物体在某一时刻或经过某一位置时的速度,它实际上是无限逼近该时刻的一小段时间内的平均速度;

(3) 速度是矢量。

4. 加速度

思考:

地球能看作质点吗?原子能看作质点吗?

思考:

什么情况下位移和路程大小相等?位移和路程能完全相同吗?

点击:

对匀变速直线运动,有 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$ 。

请读者自行证明。

思考:

速度向东, 加速度向西可能吗? 速度向东, 加速度向南可能吗?

$a = \frac{\Delta v}{t}$, 是速度的变化率, 它表示物体速度变化的快慢。

加速度也是矢量, 它的方向与 Δv 方向相同, 它的单位是 m/s^2 。

加速度与速度同向时为加速运动, 加速度与速度反向时为减速运动。

5. 运动图象

(1) $s-t$ 图象

匀速运动的 $s-t$ 图象是一根倾斜直线, 匀变速直线运动的 $s-t$ 图象是一根抛物线, 匀速运动的 $s-t$ 图中图线的斜率表示速度, 变速直线运动的 $s-t$ 图线的切线的斜率表示瞬时速度。

(2) $v-t$ 图象

匀速直线运动的 $v-t$ 图象是一根平行于 t 轴的直线, 匀变速直线运动的 $v-t$ 图象是一根倾斜直线, $v-t$ 图象中图线的斜率表示加速度。图线下的“面积”表示位移, 在横坐标轴下方的“面积”表示负位移。

思考:

你还能用其他方法表述匀速直线运动吗?

6. 匀速直线运动

任意相等时间内位移都相同的运动叫做匀速直线运动。也可以说是瞬时速度保持不变的运动。

匀速直线运动的位移公式是 $s = vt$ 。

【方法举例】

1. 平均速度的计算

一般情况下, 平均速度总是按其定义式 $\bar{v} = \frac{s}{t}$ 计算, 对匀

变速直线运动, 也可用 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$ 进行计算。

例 1 一质点做直线运动, (1) 前一半时间内做匀速运动的速度为 v_1 , 整段运动的平均速度为 v , 则后一半时间内做匀速运动的速度多大? (2) 前一半位移内做匀速运动的速度为 v_1 , 整段位移的平均速度为 v , 则后一半位移内做匀速运动的速度多大?

解析 (1) 设一半时间为 t , 后一半时间内的速度为 v_2 , 则

$$v = \frac{v_1 t + v_2 t}{2t},$$

所以 $v_2 = 2v - v_1$ 。

(2) 设一半位移为 s , 后一半位移内的速度为 v_2 , 则

$$v = \frac{2s}{\frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2}},$$

即 $vv_1 + vv_2 = 2v_1v_2$,

所以 $v_2 = \frac{vv_1}{2v_1 - v}$ 。

$$v = \frac{2s}{\frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2}}$$

2. 运动图象的分析

要正确进行图象的分析, 必须知道各种运动的图象形状, 能根据题意画出物体相应的运动图象, 或能根据图象形状说出物体的运动情况。同时要知道图象中各参量分别表示什么物理量, 特别要注意两种图象不要混淆。

例 2 如图 1-1-1 所示为甲、乙、丙三质点沿同一直线运动的位移-时间图象, 由图可知在 $0 \sim t_1$ 时间内

- (A) 甲的位移最大
- (B) 甲、乙、丙位移相同
- (C) 甲的路程最大
- (D) 丙的路程比乙大

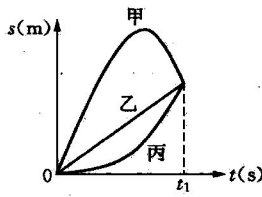


图 1-1-1

解析 三质点都做直线运动。甲从原点出发做变速运动, 走过终点后又从终点返回; 乙始终匀速到达终点; 丙做变速运动, 速度逐渐增大, 一直到达终点。由于起点和终点都相同, 所以三质点的位移相同; 又乙和丙都没有改变运动方向, 路程与位移的大小相等, 所以路程也相等, 仅甲走过头再回来, 路程最大。故选(B)、(C)。

例 3 一质点沿直线运动时的速度-时间图象如图 1-1-2 所示, 则以下说法中正确的是

- (A) 第 1 s 末质点的位移和速度都改变方向
- (B) 第 2 s 末物体的位移改变方向
- (C) 第 4 s 末物体的位移为零

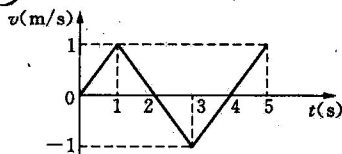


图 1-1-2

说明:

这里注意, 不要误认为丙是曲线运动, 而选了(D), 只有直线运动才能用图象表示其运动规律。

说明:

这里注意, 不要误认第 2 s 末图象到横坐标轴下方了位移即为负, 而选了(B)。只有总“面积”为负, 位移才是负的。

(D) 第3 s末和第5 s末物体的位置相同

解析 速度的方向看纵坐标的正负, 图象在横坐标轴上方时速度为正, 在横坐标轴下方时速度为负, 所以由图可以直接看出, 速度改变方向的时刻是第2 s末和第4 s末。而位移看速度—时间图象与横坐标轴所围的“面积”, 在横坐标轴上方的面积为正, 在横坐标轴下方的面积为负, 所以总位移始终没有出现负值。前2 s内位移逐渐增大, 第3、4 s内位移又逐渐减小, 到第4 s末位移为零, 以后又这样重复变化。前3 s内和前5 s内位移都为0.5 m, 所以第3 s末和第5 s末物体的位置相同。

故应选(C)、(D)。

3. 概念的分析

本章最主要的概念是位移、速度和加速度, 其中较难理解的是位移和加速度。理解位移应抓住它与路程的两点重要区别, 即位移是矢量, 位移的大小是直线距离; 理解加速度应知道加速度是描述速度变化快慢的物理量, 特别要抓住它和速度、速度改变量之间的区别。

例4 一质点做直线运动, 其加速度不断减小而速度不断增大, 可能吗?

解析 加速度是表示速度变化的快慢, 加速度减小只是速度变化得慢了。速度增大还是减小要看速度和加速度的方向关系, 加速度与速度同方向时必定加速, 加速度与速度反方向时必定减速。所以只要加速度与速度方向相同, 当加速度大小减小时, 质点的速度仍然增大, 只是增大得慢了。

4. 有关匀速运动的计算

匀速运动的规律较简单, 有关匀速运动的计算, 往往复杂在几个运动的关系分析上, 一般应画草图帮助分析。

例5 卡车长为 $L_1 = 10\text{ m}$, 以 $v_1 = 10\text{ m/s}$ 的速度匀速行驶, 小汽车长为 $L_2 = 5\text{ m}$, 在卡车后面相距为 $L = 5\text{ m}$ 处准备变道到外车道超车, 卡车前方 $s = 50\text{ m}$ 处有一桥梁, 桥上只有一条车道, 小汽车为在上桥前超过卡车, 其车速至少多大? 设超车后要回到原来车道时, 小汽车与卡车和桥头的距离都不得小于 $L = 5\text{ m}$ 。

解析 先画出两车行驶的草图, 标出各车运动的距离, 如图

思考:

你能画出质点加速度不断减小而速度不断增大的一个 $v-t$ 图的大致形状吗?

1-1-3 所示。设刚能超车时小汽车的速度为 v_2 ，由图可知在此过程中卡车行驶的距离为

$$s_1 = s - 2L - L_2 = (50 - 10 - 5)\text{m} = 35\text{m}。$$

小汽车行驶的距离为

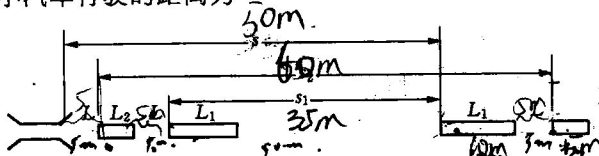


图 1-1-3

$$\begin{aligned} s_2 &= s_1 + L_1 + L_2 + 2L \\ &= (35 + 10 + 5 + 10)\text{m} = 60\text{m}, \end{aligned}$$

$$\frac{s_1}{v_1} > \frac{s_2}{v_2},$$

$$\text{所以有 } v_2 > \frac{s_2 v_1}{s_1} = \frac{60 \times 10}{35} \text{m/s} = 17.1 \text{m/s},$$

即小汽车的速度至少为 17.1m/s 。

例 6 一列步兵队伍长为 L ，匀速前进，一骑兵通讯员以速度 v 从队尾追到队首，传达口令后立即以速度 v 返回，到队尾时，步兵队伍恰前进 L ，求队伍前进的速度大小。

解析一 设队伍前进的速度为 u ，通讯员最远到离最后队伍排头的距离为 x ，队伍与通讯员的运动情况如图 1-1-4 所示，则



图 1-1-4

$$\frac{L-x}{u} = \frac{2L-x}{v},$$

$$\frac{x}{u} = \frac{L-x}{v},$$

$$\text{可解得 } x = \frac{2-\sqrt{2}}{2}L, u = (\sqrt{2}-1)v。$$

解析二 以队伍为参照系，则队伍静止，通讯员向前走时速度大小为 $v-u$ ，通讯员向后返回时速度大小为 $v+u$ ，

$$\frac{L}{v-u} + \frac{L}{v+u} = \frac{L}{u}。$$

同样可解得 $u = (\sqrt{2}-1)v$ 。

点击：

在研究两个物体的运动时常采用变换参照系的方法。

基础训练

$$\frac{v_1}{3}t + \frac{2v_1}{3}t = \frac{v_1 + 2v_1}{3}t$$

1. 关于位移和路程,下列说法中正确的是 **(ABD)**

(A) 位移相同时路程可以不同,路程相同时位移可以不同

(B) 路程总不小于位移的大小

(C) 物体做直线运动时路程和位移大小一定相等

(D) 物体做不改变运动方向的直线运动时路程和位移相同

2. 一质点做直线运动,前 $\frac{1}{3}$ 时间做匀速运动的速度为 v_1 ,后 $\frac{2}{3}$ 时间做匀速运动的速度为 v_2 ,则整段时间内的平均速度大小为 **(C)**

(A) $\frac{v_1 + v_2}{2}$

(B) $\frac{v_1 - v_2}{2}$

(C) $\frac{v_1 + 2v_2}{3}$

(D) $\frac{2v_1 + v_2}{3}$

3. 三质点运动的位移-时间图象如图 1-1-5 所示,甲运动的图象是直线 ob,乙运动图象如折线 oab,丙运动图象如直线 bc,则 **(A)**

(A) 甲、乙位移相同

(B) 甲、丙位移相同

(C) 甲、乙路程相同

(D) 乙、丙路程相同

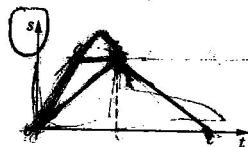


图 1-1-5

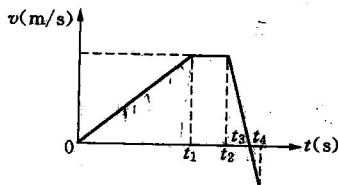


图 1-1-6

4. 一质点做直线运动的速度-时间图象如图 1-1-6 所示,则以下说法中正确的是 **(C)**

(A) $t_1 \sim t_2$ 段加速度最大

(B) $t_2 \sim t_3$ 段加速度最小

(C) $0 \sim t_1$ 段位移最大

(D) $0 \sim t_1$ 段和 $t_2 \sim t_3$ 段速度方向相反

5. 关于加速度,下列说法中正确的是 **(CD)**

(A) 速度方向不断改变时加速度方向必不断改变

(B) 有加速度时,速度的大小一定改变

(C) 加速度很大的时刻速度可能为零

(D) 加速度不变时速度可能不断改变

6. 下述说法中可能的有 **(ABD)**

(A) 某时刻物体的速度很大加速度却很小

(B) 某时刻物体的加速度很大速度却很小

(C) 某段时间内加速度变化很大而速度始终不变

(D) 某段时间内速度变化很大而加速度始终不变

7. 某质点的 $v-t$ 图如图 1-1-7 所示, 则它离出发点最远的时刻为 1.2, 回到出发点的时刻为 4。

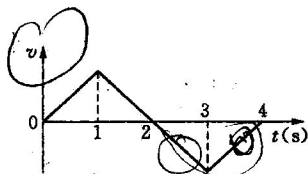


图 1-1-7

8. 一辆桑塔纳轿车在平直公路上行驶, 现用每 2 s 拍摄一次的频闪照相机拍照, 得到如图 1-1-8 所示照片。查阅桑车的有关数据得到下表。



图 1-1-8

长 $L(\text{mm})$	宽 $b(\text{mm})$	高 $h(\text{mm})$
3 897	1 650	1 465

则可估算出轿车从位置 1 到位置 3 过程中的平均速度为 5 m/s。

9. 有一东西向的隧道长 200 m, 隧道较窄, 隧道内在火车通过时人不能再行走, 在隧道西面离隧道口 300 m 处有一列长为 100 m 的火车, 正以 5 m/s 的速度向东匀速行驶。在隧道东面离隧道口 300 m 处有一人向西匀速前进, 要使人能穿过隧道又不被火车撞到, 人前进的速度应满足什么条件? 1.725 m/s < v < 1.875 m/s

10. 在如图 1-1-9 所示的十字路口处, 有一辆长 9 m、宽 2.1 m 的客车正以 10 m/s 速度正常匀速行驶在马路中间, 当它与斑马线的中点 B 相距 62 m 时, 马路边上的人正好在斑马线的 A 端出发沿 AB 穿过马路。AB 间的距离为 8 m, 问: 人运动的速度为多大时, 他能安全过马路?

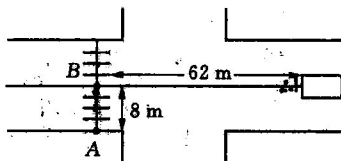


图 1-1-9

能力提高

11. 某人从甲地到乙地做直线运动, 先乘火车, 后乘汽车, 火车的平均速度是 60 km/h, 汽车的平均速度是 40 km/h, 第一次一半时间乘火车, 一半时间乘汽车。第二次一半路程乘火车, 一半路程乘汽车。则前后两次的平均速度 (C)

(A) 都是 50 km/h

(B) 都是 48 km/h

(C) 第一次是 50 km/h, 第二次是 48 km/h

(D) 第一次是 48 km/h, 第二次是 50 km/h

$$\bar{v}_1 = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{60 + 40}{2} = 50$$

$$\bar{v}_2 = \frac{\frac{s}{2}}{\frac{s}{60} + \frac{s}{40}} = 48$$

12. 甲、乙、丙三质点沿同一直线运动的位移-时间图象如图 1-1-10 所示, 则在 $0 \sim t_1$ 时间内以下说法中正确的是 (D)

(A) 三质点路程相同

(B) 甲路程最大

(C) 乙路程最大

(D) 丙路程最大

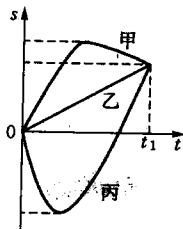


图 1-1-10

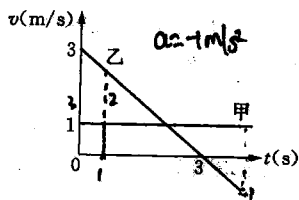


图 1-1-11

13. 甲、乙两球相距 1.5 m, 甲在前, 乙在后。在两靠近的平行轨道上向同一方向做直线运动, 它们的速度-时间图象如图 1-1-11 所示, 则它们同时通过相同位置的时刻为

(A) 1 s 末

(B) 2 s 末

(C) 3 s 末

(D) 4 s 末

14. 某质点初速为 v_0 , 沿直线运动的 $v-t$ 图如图 1-1-12 所示。经时间 t 后速度为 v_t , 则对于时间 t 内质点的平均速度 $\bar{v}$ 和加速度 a 有下列结论, 其中正确的是 (B D)

(A) $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$

(B) $\bar{v} > \frac{v_0 + v_t}{2}$

(C) a 越来越大

(D) a 越来越小

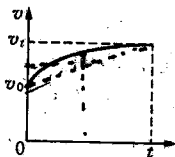


图 1-1-12

15. 一个做直线运动的物体, 其加速度逐渐减小直到变为零的过程中, 此物体的运动情况可能是 (A B C D)

(A) 速度不断增大, 最后做匀速运动

(B) 速度不断减小, 最后静止

(C) 速度不断减小, 然后反向加速, 最后做匀速运动

(D) 速度不断减小, 最后做匀速运动

16. 某质点做直线运动的速度-时间图象如图 1-1-13 所示, 则其中加速度和速度方向相反的时间段为 $t_1 \sim t_2$, 加速度增大速度减小的时间段为 $t_1 \sim t_2$, 加速度减小速度增大的时间段为 $0 \sim t_1$ 。

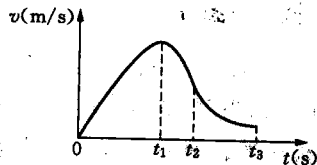


图 1-1-13

17. 甲、乙两地相距 210 km, A、B 两车分别从甲、乙两地同时相向出发, 车速分别是 40 km/h 和 30 km/h。有一只小鸟飞行速度大小为 60 km/h, 与 A 车同时从甲出发, 碰到 B 车后立即又飞向 A 车, 碰到 A 车后立即又飞向 B 车, 直到两车相遇为止。求在此过程中小鸟共飞行多少路程? $3h \times 60 \text{ km/h} = 180 \text{ km}$

18. 某轮船在上海和南京间航行的时刻表如下, 试计算:

南京—上海	站 名	上海—南京	自上海起千米数
19:30	南 京	7:00	392
22:00	镇 江		305
22:50			
23:40	泰 州		247
23:50			
3:00	江 阴	21:20	188
3:20		21:00	
5:50	南 通	18:10	128
6:10		17:30	
12:30	上 海	11:00	0

- (1) 轮船从上海至南京的平均速度；
- (2) 轮船从上海至江阴的平均速度； $188 \div 10 = 18.8$
- (3) 轮船从南京至上海的平均速度。

§ 1.2 匀变速直线运动

【内容解读】

1. 匀变速直线运动的条件

物体做匀变速直线运动须同时符合下述两条。

- (1) 受恒定外力作用；
- (2) 外力与初速度在同一直线上。

2. 规律

速度公式 $v_t = v_0 + at$,

位移公式 $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$,

推论 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$, $s = \frac{v_0 + v_t}{2} t$ 。

3. 初速度为零的匀变速直线运动的比例关系

(1) 重要比例关系

由 $v_t = at$, 得 $v_t \propto t$ 。

由 $s = \frac{at^2}{2}$, 得 $s \propto t^2$, 或 $t \propto \sqrt{s}$ 。

由 $v_t^2 = 2as$, 得 $s \propto v_t^2$, 或 $v_t \propto \sqrt{s}$ 。

(2) 基本比例

第 1 s、第 2 s、…、第 n s 末的速度之比

$$v_1 : v_2 : \cdots : v_n = 1 : 2 : \cdots : n。$$

前 1 s、前 2 s、…、前 n s 内的位移之比

$$s_1 : s_2 : \cdots : s_n = 1 : 4 : \cdots : n^2。$$

第 1 s、第 2 s、…、第 n s 内的位移之比

$$s_I : s_{II} : \cdots : s_N = 1 : 3 : \cdots : (2n-1)。$$

通过前 1 m、前 2 m、…、前 n m 所需时间之比

$$t_1 : t_2 : \cdots : t_n = 1 : \sqrt{2} : \cdots : \sqrt{n}。$$

通过第 1 m、第 2 m、…、第 n m 所需时间之比

思考：

某质点做直线运动, 其位移和时间关系为 $s = 30t - 5t^2$, 其中 t 的单位是 s, s 的单位是 m, 则可知其加速度为 m/s², 第 3 s 初的速度为 m/s。

思考：

匀变速直线运动都有这样的比例关系吗？