

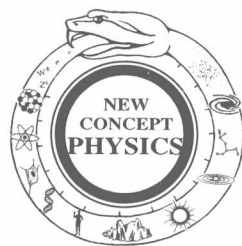
# 新概念物理 题解

(上册)

赵凯华 罗蔚茵 陈熙谋



高等教育出版社



# 新概念物理 题解

(上册)

赵凯华 罗蔚茵 陈熙谋



高等教育出版社

## 内容简介

赵凯华主编的《新概念物理教程》系列教材提供了丰富的思考题和习题资源,而教师选择和布置习题、思考题是一件很费时的事。本书为这套教材的所有思考题和习题作了解答,为教师节省了时间和精力。学生也可以在自己思考的基础上,与该题解作比较,找出差距,检验和深化所学知识。

本书上册包括力学和电磁学,下册包括热学、光学和量子物理。书中所有的思考题和习题均配有原题,既可作为与《新概念物理教程》相配套的教学参考书,也可以作为普通物理课程的习题集供高等院校理工科类的师生和社会读者参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

新概念物理题解. 上册 / 赵凯华, 罗蔚茵, 陈熙谋.  
—北京: 高等教育出版社, 2009.6  
ISBN 978-7-04-026274-2

I. 新… II. ①赵…②罗…③陈… III. 物理学—高等学校—解题 IV. 04-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 090020 号

策划编辑 马天魁 责任编辑 王文颖 封面设计 张楠  
责任印制 韩刚

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京中科印刷有限公司	畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	787×960 1/16	版 次	2009 年 6 月第 1 版
印 张	22.75	印 次	2009 年 6 月第 1 次印刷
字 数	360 000	定 价	29.10 元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26274-00

## 前 言

学习物理不做习题是不行的,习题是巩固所学原理的必要环节。思考题则更能启发学生对所学内容进行深入的思考。学生通过习题和思考题可以检验自己是否真正掌握了所学的物理理论和概念,可以扩大知识面,巩固和深化所学的理论知识。《新概念物理教程》系列教材提供了丰富的思考题和习题资源,供不同的任课教师根据不同的教学要求选用。而教师选择和布置习题、思考题是一件很费时的事,他们需要先解出各题并进一步思考该题的训练意义,且从教学要求加以全面权衡。尤其是对新任课教师,需要花费他们很多精力。为此,我们编写了这套《新概念物理题解》,对各卷(除《光学》为第一版外,其余四卷均为第二版)的思考题和习题进行分析和解答,供教师参考。

然而我们却有一种担忧,这套《新概念物理题解》为那些学习不够自觉的学生提供了一份简便的照抄样本,这是我们不愿看到的。显然禁止学生购买和照抄解答是不可能的,重要的是教导他们正确地对待学习和做题。应该让他们知道,听课堂讲授是被动的学习,自学(包括预习和复习)与做习题、钻研思考题才是主动学习的环节,这对于掌握教学基本内容、巩固和深化所学的理论知识、提高学习能力,是不可缺少的。学生常反映,听了课都懂了,但是一拿到题就不会做。我们认为这是正常现象,若学生课后都能顺利地解出所有习题,习题的作用也就不大了。学生不能顺利解题,说明他们对相关的课程内容还没有较好地掌握,正要通过解题来检验和深化。学生通过自己的努力解出的难题往往终身难忘,收获是最大的。当然在自己思考的基础上与同学讨论,同样是有益的。也不排除学生参考一下习题解答,但一定要通过自己的思考,将自己的思路 and 困难与题解作比较,找出差距,仍不失为一种收获。最要不得的是简单地照抄题解以应付作业,从根本上说是害了自己。

公开出版这一套《新概念物理题解》,如何权衡利弊,作者和出版社都经过了长期的犹豫。我们希望出版这套题解,对教师和学生都起到积极作用。

这套《新概念物理题解》分上、下两册，各册内容和编写者如下：

上册	{	力学：赵凯华 罗蔚茵	下册	{	热学：赵凯华 罗蔚茵
		电磁学：赵凯华 陈熙谋			光学：赵凯华
					量子物理：赵凯华 王笑君

编者

# 上册目录

## 力学

力学思考题解答 .....	3
第一章 质点运动学 .....	3
第二章 动量守恒 质点动力学 .....	11
第三章 机械能守恒 .....	20
第四章 角动量守恒 刚体力学 .....	27
第五章 连续体力学 .....	37
第六章 振动和波 .....	44
第七章 万有引力 .....	49
第八章 相对论 .....	55
力学学习题解答 .....	59
第一章 质点运动学 .....	59
第二章 动量守恒 质点动力学 .....	64
第三章 机械能守恒 .....	75
第四章 角动量守恒 刚体力学 .....	88
第五章 连续体力学 .....	104
第六章 振动和波 .....	113
第七章 万有引力 .....	127
第八章 相对论 .....	134
附录 A 微积分初步 .....	142
附录 B 矢量 .....	146
附录 C 复数的运算 .....	149

## 电磁学

电磁学思考题解答 .....	153
第一章 静电场 恒定电流场 .....	153
第二章 恒磁场 .....	171
第三章 电磁感应 电磁场的相对论变换 .....	178
第四章 电磁介质 .....	183
第五章 电路 .....	193
第六章 麦克斯韦电磁理论 电磁波 电磁单位制 .....	208
电磁学习题解答 .....	213

---

第一章 静电场 恒定电流场·····	213
第二章 恒磁场·····	241
第三章 电磁感应 电磁场的相对论变换·····	262
第四章 电磁介质·····	277
第五章 电路·····	310
第六章 麦克斯韦电磁理论 电磁波 电磁单位制·····	344
附录 D 复数的运算·····	355

# 力学



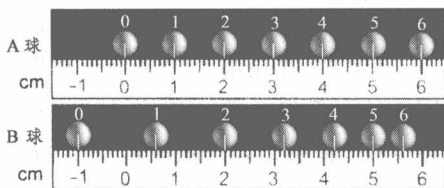




# 力学思考题解答

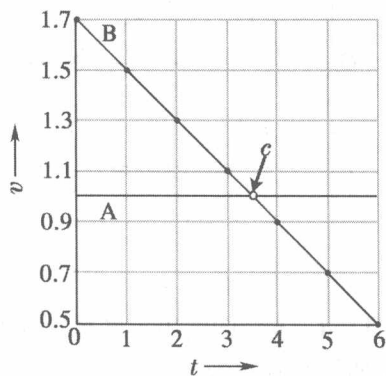
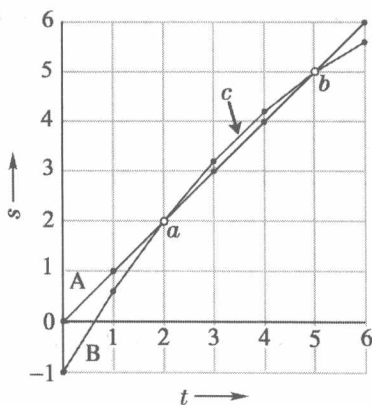
## 第一章 质点运动学

1-1. 本题图所示为A、B两球运动的闪频照相, 图中球上方的数字是时间, 即相同数字表示相同的时刻拍摄两球的影像。两球有过瞬时速度相同的时刻吗? 如果有, 在什么时间? 什么位置? 在时刻2和5哪个球的速度大?

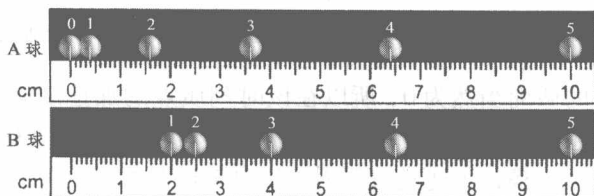


思考题 1-1

答: 由图可见, A球作匀速运动, B球作减速率运动。在 $t=2$ 时刻B球赶上A球( $s-t$ 图中 $a$ 点), 瞬时速度 $v_B > v_A$ ; 在 $t=5$ 时刻A球赶上B球( $s-t$ 图中 $b$ 点), 瞬时速度 $v_A > v_B$ 。在这两时刻之间必有一瞬时速度 $v_B = v_A$ 的时刻, 由 $s-t$ 图上估计, 约在 $t=3.5$ 时刻(图中箭头 $c$ 处)。在该处B球 $s-t$ 曲线的切线与A球的平行, 速度皆为1。



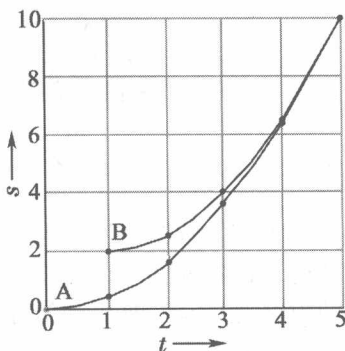
1-2. 本题图所示为A、B两球运动的闪频照相, 时间的显示如上题, 与上题不同的是在0时刻B球静止, 它是在时刻1才起步的。



思考题 1-2

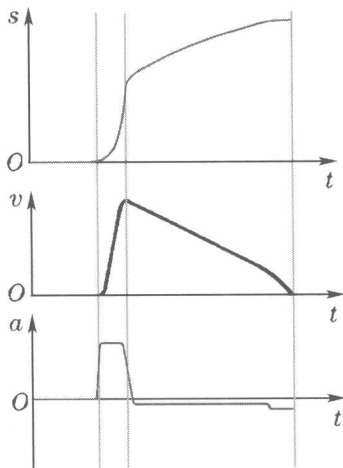
- (1) 判断两球是否在作匀加速运动;  
 (2) 哪个球的加速度大?  
 (3) 在时刻5 哪个球达到的终速度大?

答: (1) 两球都是在作匀加速运动。  
 (3) 由右图  $s-t$  曲线可以看出, 在时刻5 两球达到的终速度一样。(2) B 球在较短的时间内达到同样的速度, 其加速度必大。

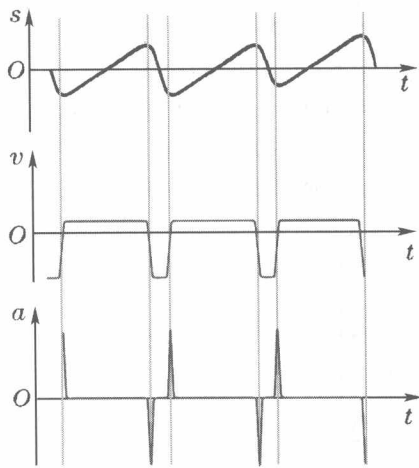


1-3. 在粗糙水平桌面上放置一物体, 用棒从旁敲击一下, 它向前滑动一段路程后停下来。本题图给出此过程的  $v-t$  曲线, 试将相应的  $s-t$  和  $a-t$  曲线补画出来。

答: 见本题图中灰色曲线。



思考题 1-3



思考题 1-4

1-4. 本题图给出干摩擦引起的张弛振动  $s-t$  曲线, 试将相应的  $v-t$  和  $a-t$  曲线补画出来。

答: 见本题图中灰色曲线。

1-5. 有人说:“加速度  $a = \frac{dv}{dt}$ , 因此, 若质点在某时刻速度为 0, 对 0 的微商当然为 0, 所以在该时刻质点的加速度必为 0。”这种说法对吗? 设想一下, 是否可能有 (1)  $v=0$  而  $a \neq 0$ , (2)  $v > 0$  而  $a < 0$  的情形。

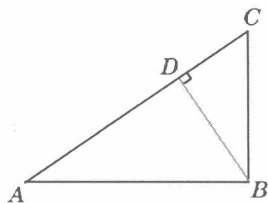
答: 上述说法不对。因为某时刻的加速度并不是将该时刻的速度对时间取导数, 而是将速度的表达式 (一般是时间的函数) 对时间取导数之后, 再将该时刻的时间值代入, 即时刻  $t=t_0$  的加速度为

$$a(t_0) = \left( \frac{dv}{dt} \right)_{t=t_0} .$$

(1) 上抛物体达到最高点时,  $v=0$  而  $a=-g \neq 0$ .

(2) 在上抛过程中  $v > 0$  而  $a = -g < 0$ .

1-6. 伽利略奠定力学基础的不朽之作是《[关于托勒玫和哥白尼] 两大世界体系的对话》(以下简称《对话》)。此书是以三个人对话的形式来写的: 1. 萨尔维亚蒂(Salviati), 伽利略自己的发言人; 2. 辛普利邱(Simplicio), 传统亚里士多德观点的代表; 3. 沙格列陀(Sagredo), 中立而开朗的旁观者。下面摘录书中的一个片段[方括号内的话是摘引者的]。



思考题 1-6

萨:……CA 代表一个斜面, 磨得非常光滑而且很硬, 从这上面我们滚下 [应读作滑下] 一个……圆球。现在假定另外一个完全相同的圆球沿垂直线 [CB] 自由落下。我问你承认不承认, 那个沿斜面 CA 滚下 [滑下] 的圆球到达 A 点时, 它的冲力和另一个沿垂直线 CB 落下的圆球到达 B 点时的冲力相等。

沙: 我当然相信是相等的……每一圆球所获得的冲力都足以使它回到同样的高度。

……

萨:……在斜面 CA 上滚下 [滑下]……要比沿垂直线落得慢些, 是不是?

沙: 我本来想说肯定是这样……可是如果这样, 又怎样能够……冲力一样 (即同等速度) 呢? 这两条命题好像是矛盾的。

萨: 那么如果我说, 物体沿垂直线和斜面坠落的快慢一样, 在你看来就更加错误了。然而这个命题是完全对的。正像说物体沿垂直线比沿斜面运动得快一样正确。

沙: 我听上去, 这像是两条矛盾的命题, 你呢, 辛普利邱?

辛: 我也一样。

……

上面对话中所用的术语, 如“冲力相等”、“快慢一样”等, 都不是现代物理学的标准术语, 它们的语义是含混不清的。试用现代物理学的标准术语, 如“速度”、“加速度”、“动量”、“动能”等来分析上述两条命题是否矛盾, 孰是孰非?

答: 如果萨尔维亚蒂说的“冲力”是到达终点时的动能的话, 按机械

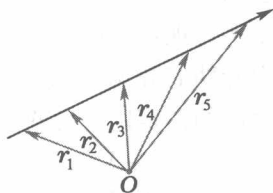
能守恒定律，他是对的。沙格列陀起初也是这样理解的，但他后来把“冲力”的概念偷换成速度，而且与谁先走完全程的问题联系在一起，这就把“冲力”的概念理解成全程的平均速度了，于是发生了矛盾。将物体沿垂直线和斜面坠落比较时，沿斜面加速度小，平均速度小，但在同一高度上动能一样，瞬时速率一样。在上述辩论中矛盾是因把不同概念混淆而引起的，实际上不存在。

1-7. 质点作直线运动，平均速度公式  $\bar{v} = \frac{v_{初} + v_{末}}{2}$  永远成立吗？

答：只对匀加速运动才成立。

1-8. 质点的位矢方向不变，它是否一定作直线运动？质点作直线运动，其位矢的方向是否一定保持不变？

答：如果质点的位矢方向不变，它一定作直线运动。反之则不一定，这与坐标原点的选择有关。如右图将原点  $O$  选在直线轨迹之外，则位矢的方向一直在变。



1-9.  $|\Delta \mathbf{r}|$  和  $\Delta |\mathbf{r}|$  有区别吗？ $|\Delta \mathbf{v}|$  和  $\Delta |\mathbf{v}|$  有区别吗？ $\left| \frac{d\mathbf{v}}{dt} \right| = 0$  和  $\frac{d|\mathbf{v}|}{dt} = 0$  各代表什么运动？

答： $|\Delta \mathbf{r}|$  和  $\Delta |\mathbf{r}|$  有区别。 $|\Delta \mathbf{r}| = |\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1|$  是质点位矢改变量的大小，即位移的大小。而  $\Delta |\mathbf{r}| = |\mathbf{r}_2| - |\mathbf{r}_1|$  是质点位矢的大小的改变量。例如，在匀速率圆周运动中，以圆心为坐标原点，则  $|\Delta \mathbf{r}| \neq 0$ ，而  $\Delta |\mathbf{r}| = 0$ ，即虽然其位矢不断地改变，但位矢的大小（也就是圆的半径）不变。

同样， $|\Delta \mathbf{v}|$  和  $\Delta |\mathbf{v}|$  也有区别。 $|\Delta \mathbf{v}| = |\mathbf{v}_2| - |\mathbf{v}_1|$  是质点速度的改变量大小，而  $\Delta |\mathbf{v}| = |\mathbf{v}_2| - |\mathbf{v}_1|$  是质点速度的大小的改变量，或者说是速率的改变量。例如，在匀速率圆周运动中， $|\Delta \mathbf{v}| \neq 0$ ，而  $\Delta |\mathbf{v}| = 0$ 。即作匀速率圆周运动的质点，其速度是变的，但速率却是不变的。

$\left| \frac{d\mathbf{v}}{dt} \right| = 0$  表示质点的加速度为零，它代表匀速直线运动，即其速度的大小和方向都不变的运动。而  $\frac{d|\mathbf{v}|}{dt} = 0$  表示质点的切向加速度为零，它代表速度的大小不变的运动，或者说是速率不变的运动。但其速度的方向可能变，即法向加速度不为零。例如，匀速率圆周运动。

1-10. 在一段时间间隔  $\Delta t$  内 (1)  $\Delta \mathbf{r} = 0$ , (2)  $\Delta r = 0$ , (3)  $\Delta s = 0$ , 在此期间质点可能作过怎样的运动？在每一瞬时 (1)  $d\mathbf{r} = 0$ , (2)  $dr = 0$ , (3)  $ds = 0$ , 质点可能在作怎样的运动？

答：在一段时间间隔内

(1)  $\Delta \mathbf{r} = 0$  表示在这一段时间间隔内质点的位移为零, 或者说是位置改变量为零。所以, 在此期间质点可能是一直处于静止状态, 也可能是作过任意的曲线运动(当然也包括直线运动), 但最后又回到原点。

(2)  $\Delta \mathbf{r} = 0$  表示在这一段时间间隔内质点位置矢量大小的改变量为 0, 在此期间质点可能是一直处于静止状态, 也可能是作任意的曲线运动, 但最后又回到原点, 或者是该质点始终在围绕原点的圆周上运动。

(3)  $\Delta s = 0$  表示质点在此时间间隔内所走过的路程为 0, 质点只能在此时间间隔内一直处于静止状态。

如果在每一瞬时

(1)  $d\mathbf{r} = 0$  表示质点的位置一直不变, 它只能是处于静止状态。

(2)  $d\mathbf{r} = 0$  表示在质点的位矢大小一直不变, 它可能处于静止状态, 也可能作匀速率圆周运动。

(3)  $ds = 0$  表示在所走过的路程始终为 0, 它只能处于静止状态。

1-11. 在一段时间间隔  $\Delta t$  内 (1)  $|\Delta \mathbf{r}| = \Delta s$ , (2)  $|\Delta \mathbf{r}| = \pm \Delta x$ , 在此期间质点可能作过怎样的运动? 在每一瞬时 (1)  $|d\mathbf{r}| = ds$ , (2)  $|d\mathbf{r}| = \pm dx$ , 质点可能在作怎样的运动?

答: 在一段时间间隔  $\Delta t$  内

(1)  $|\Delta \mathbf{r}| = \Delta s$  表示在此期间质点位移的大小等于它所走过的路程, 质点是在作直线运动。

(2)  $|\Delta \mathbf{r}| = \pm \Delta x$  表示在此期间质点的位移沿  $x$  轴方向, 沿其它垂直方向或者没有移动, 或者移动后复原。

在每一瞬时

(1)  $|d\mathbf{r}| = ds$ , 此式总成立, 适用于质点的任何运动。

(2)  $|d\mathbf{r}| = \pm dx$  表示质点在  $x$  轴作直线运动。

1-12. 质点作匀速圆周运动, 以下各量哪些变, 哪些不变?

$$(1) \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}, \quad (2) \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}, \quad (3) \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \mathbf{r}|}{\Delta t},$$

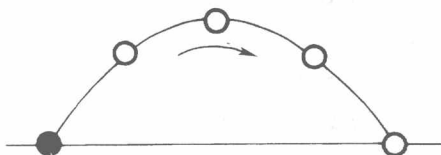
$$(4) \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}, \quad (5) \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}, \quad (6) \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \mathbf{v}|}{\Delta t}.$$

答: (1)  $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = 0$ , 不变; (2)  $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \mathbf{v}$ , 方向变;

(3)  $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \mathbf{r}|}{\Delta t} = v$ , 不变; (4)  $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = 0$ , 不变;

(5)  $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \mathbf{a}$ , 方向变; (6)  $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \mathbf{v}|}{\Delta t} = a = v^2/R$ , 不变。

1-13. 试分析抛物运动(见本题图)各中间阶段速度和加速度的方向。速率在哪里最大,哪里最小?法向加速度、切向加速度和总加速度呢?



思考题 1-13

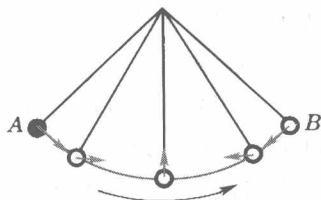
答:作抛体运动的质点各阶段速度的都沿着轨迹的切线方向,其加速度的方向都竖直向下。

其速率在起抛点和落地点最大,在最高点处最小。

其法向加速度在最高点处最大,在起抛点和落地点最小。

其切向加速度在起抛点和落地点最大,在最高点处最小(等于0)。总加速度则到处一样大,都是  $g$ 。

1-14. 如本题图所示,单摆静止地从位置A摆到B,试分析它在中间各阶段加速度的方向。



思考题 1-14

答:单摆作曲线运动,它受到绳子张力和重力的合力,产生向心加速度和切向加速度。摆锤加速度的方向已用箭头标在图上。

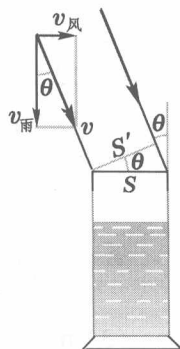
在A点和B点摆锤速度为0,向心加速度为零,只有指向平衡位置的切向加速度。在平衡位置(即中点)重力和张力都在同一竖直方向上,故切向加速度为零,重力和张力都在同一竖直方向上,故切向加速度为零,只有法向加速度。在其余各点上既有向心加速度,也有指向平衡位置的切向加速度。

1-15. 在测量降雨量时,有风和无风,量筒中的积水量相同吗?

答:相同。因风速  $v_{\text{风}}$  沿水平方向,雨速  $v_{\text{雨}}$  沿竖直方向,  $v = v_{\text{雨}} + v_{\text{风}}$ , 设量筒的横截面积为  $S$ , 垂直于  $v$  的面积为  $S' = S \cos \theta$  (见图)。量筒中的积水量

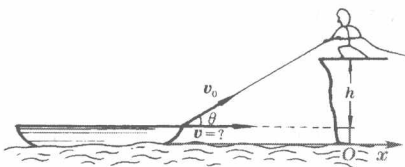
$$Q \propto v S' = v \times S \cos \theta = v \cos \theta \times S = v_{\text{雨}} \times S,$$

即它等于无风时的积水量。



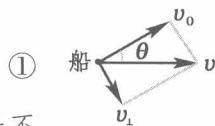
1-16. 如本题图所示,一人站在河岸上(岸高  $h$ ),手握绳之一端,绳的另一端系一小船。那人站着不动,以手收绳。设收绳速度  $v_0$  恒定,绳与水面的夹角为  $\theta$ ,船向岸靠拢的速度  $v = v_0 \cos \theta$  吗?船作匀速运动还是加速运动?加速度为多少?

答：人用手以恒速收绳，当绳与水面的夹角为  $\theta$  时，“船向岸靠拢的速度为  $v = v_0 \cos\theta$ ”的说法不对，因为这个结论是由船的靠岸速度  $v$  是收绳速度  $v_0$  的分量(投影)而得到的。其实正好相反，船速  $v$  是由收绳速度  $v_0$  和与绳垂直的速度  $v_{\perp}$  合成的，即  $v_0$  是  $v$  的分量(见右图)：



思考题 1 - 16

$$v_0 = v \cos\theta, \quad \text{即} \quad v = \frac{v_0}{\cos\theta},$$



如果  $v_{\perp}$  不存在，就不能保证船沿水面运动。而船很重，是不应离开水面的。

由上式看， $\theta$  在增大， $\cos\theta$  在减小，其倒数在增大，故船作加速运动，且非匀加速运动，求加速度需用微积分。下面我们用微积分重作此题。选人的铅垂线与水面的交点  $O$  为坐标原点，船与原点的连线为  $x$  轴，且向右为正，如本题图中添加的灰色部分所示，

$$l^2 = x^2 + h^2, \quad (2)$$

求导：
$$2l \frac{dl}{dt} = 2x \frac{dx}{dt} \quad (3)$$

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{l}{x} \frac{dl}{dt} = \frac{v_0}{\cos\theta}.$$

与上面 ① 式结果一样。现在求加速度。对 ③ 式再次求导：

$$2\left(\frac{dl}{dt}\right)^2 + 2l \frac{d^2l}{dt^2} = 2\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + 2x \frac{d^2x}{dt^2}, \quad (4)$$

其中  $\frac{dl}{dt} = -v_0$ ， $\frac{d^2l}{dt^2} = 0$ ， $x = \frac{-h}{\tan\theta}$ 。加速度

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{1}{x} \left[ \left(\frac{dl}{dt}\right)^2 - \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \right] = \frac{1}{x} \left(1 - \frac{l^2}{x^2}\right) \left(\frac{dl}{dt}\right)^2 = \frac{-h^2}{x^3} \left(\frac{dl}{dt}\right)^2$$

即 
$$a = \frac{v_0^2}{h} \tan^3\theta. \quad (5)$$

1 - 17. 一小船载木箱逆水而行，经过桥下时，一个木箱不慎落入水中，半小时后才发觉，立即回程追赶，在桥的下游 5.0 km 处赶上木箱。设小船顺流和逆流时相对水流的划行速度不变，问小船回程追赶所需时间，并求水流速度。

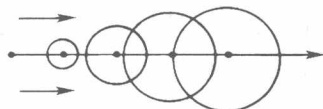
答：选流水为参考系，则木箱相对流水静止，而小船顺流和逆流时相对



水流的划行速度不变,所以小船回程追赶木箱所需的时间,与木箱落水到被发现所需的时间相同,即半个小时。

从上可见,木箱落水到被追上共一个小时,而在这段时间内木箱随水漂流了  $5.0\text{ km}$ , 水流速度为  $5.0\text{ km/s}$ 。

**1-18.** 某人立在桥上,桥下河水平稳地向前流动。他将一石子竖直向下投于水中。试分析,激起的水波属于下列哪种情况?(1) 同心椭圆, (2) 非同心的圆(见本题图), (3) 与水共同前进的同心圆。



思考题 1-18

**答:** 选流水为参考系,这相当于石子投入了平静的河水中,激起的水波应是一系列同心圆。但现在河水是流动的,从桥上看,这些同心圆将以相同的速度随水一起运动。所以,此石子激起的水波是与水共同前进的同心圆。

**1-19.** 假设烟花爆竹在高空爆炸时,向四面八方飞出的碎片都具有相同的速率,经过一定时间后,这些碎片将联成怎样的曲面?

**答:** 烟花爆竹在空中爆炸时,向四面八方飞出碎片,这些碎片都有相同的重力加速度。若选以重力加速度下落的参考系,如果这些碎片都具有相同的速率,经过一定时间后这些碎片将连成一个球面。在地面参考系内看来,这个不断扩张的碎片形成的球面以重力加速度向下降落。