

高等学校教学参考书

物理学习题集

第一册

北京大学物理系
中国科学技术大学物理教研室

人民教育出版社

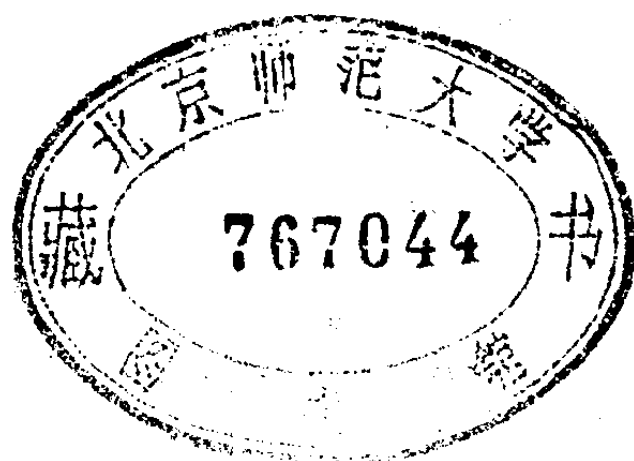
高等学校教学参考书

物理学习题集

第一册

北京大学物理系
中国科学技术大学物理教研室

J11/179/23



人民教育出版社

本习题集是在中国科学技术大学钱临照教授和北京大学沈克琦教授主持下,由两校的有关同志执笔编写的。

本习题集内容丰富,涉猎面较广泛,与当前高等学校物理专业的普通物理学课程配合比较紧密。本习题集共分三册。第一册为力学部分,内容包括:质点运动学、力 牛顿定律、非惯性参照系、功和能、动量 角动量、万有引力、刚体力学、机械振动、机械波、固体的弹性、流体力学、狭义相对论的基本概念。每一册书末还附有习题答案。

本书可作为高等学校物理专业的普通物理学课程的教学参考书,也可供电视大学、业余大学及理工科大学有关专业的教师、学生参考。

高等学校教学参考书

物理学习题集

第一册

北京大学物理系

中国科学技术大学物理教研室

*

人民教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

上海商务印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/32 印张 11.75 字数 280,000

1980年4月第1版 1980年10月第1次印刷

印数 00,001—62,000

书号 13012·0453 定价 0.86 元

前 言

普通物理学是理工科高等学校教学中一门重要的基础课。在物理课教学过程中做习题是一个重要的环节。学生通过做习题可以达到复习、巩固所学知识,加深对教学内容的理解,培养运用所学原理解决实际问题的能力以及扩大知识面等目的。

许多担任普通物理课程教学的教师,特别是新任课的教师,都希望有一本习题集,供选择、参考。为此,我们选编了这套《物理学习题集》。除了供教师参考外,对学生——特别是有余力的学生——的自学也会有一些帮助。

由于各个专业对普通物理课程的要求,无论是在深度还是在广度上,都有很大的不同,对习题的要求也很不相同。这套习题集主要是为综合大学和师范院校物理类专业的普通物理课程教学服务的,也适当考虑了理科其他专业的需要;既包括一般学生用的习题,也收集了一部分程度较高的学生深入钻研所需的习题。为了照顾各方面的需要,收编进来的题目较多。

在选编时我们有以下几点考虑:

1. 对于配合基本概念和基本规律教学的习题,尽量多收集一些,包括各种类型和各种难易程度的题,以便根据具体情况选用。如力学中的牛顿运动三定律,热学中的热力学第一定律,电学中的静电场,等等。
2. 注意联系实际,尽量收集了一些与基础课教学内容和要求联系紧密、并在基础课范围内能够解决的联系实际的题。题中的叙述和数据,也力求符合实际和切合我国的情况。
3. 尽量兼顾加强基础训练和使学生接触物理学新发展这两个方面,而以前者为主。

4. 所收题目以能在普通物理课程范围内解答得出来为限。但普通物理课程与理论物理课程的界限很难划分,有些题目既可作为普通物理课程的习题,也可作为理论物理课程的习题。

5. 解题所需数学知识,仅限于高等数学课程教学内容的范围。普通物理课程与高等数学课程是同时讲授的,教师可考虑与数学课配合适当选题。

我们认为,习题集的使用,主要是供教师根据课程教学大纲的要求参考、选题之用,而不是学生准备考试时的复习题。有些题可能超出教学大纲的要求或超前当时的教学进度,可留待以后再做。应该明确指出,学生做习题的目的主要是,通过做题发现自己对物理原理的理解上存在的问题以求得正确的理解并加深这种理解,以及通过做题培养自己处理物理问题的能力。因此,做习题时要深入钻研,而不要片面地追求多。每做一题就要把它做透,对这道题的物理内容要有透彻的理解,而不要满足于得出个正确的答案。适当地做一些题就能达到做题的目的,决不要盲目地、片面地追求做题的数量,那样搞法既会加重负担又不能真正培养分析问题和解决问题的能力。抱着一本习题集拼命做题是一种很不好的学习方法。

本习题集的计算题和部分思考题的答案附在后面,以备做完题后核对。但是,我们感到借助于习题解答做习题,不利于达到做习题的目的。因此,我们认为不宜出本习题集的习题解答,也不希其他人出本习题集的习题解答。

这套习题集是在钱临照、沈克琦两位教授主持下,由北京大学和中国科学技术大学的一些同志共同编写的,共分三册:第一册,力学;第二册,热学和电学;第三册,光学及原子和原子核物理学。前两册由北大同志负责,第三册由科大同志负责。力学和热学部分由李淑娴、龚镇雄、陈仲生编写;电学部分由张之翔编写;光学

部分由郑久仁编写;原子和原子核物理学部分由张筱健、彭炳文、鲍世综、张玉民编写。

北京大学王子昌同志提供了部分力学习题,郭敦仁同志提供了力学部分的一些翻译材料;中国科学技术大学姚德成、刘永镇同志参加了光学部分的资料整理;邓祖淦、周又元同志参加了原子和原子核物理学部分的资料整理。麦汝奇参加了科大编写部分的整理工作。我们谨此致谢!

由于水平所限和时间仓促,错误和不妥之处,在所难免。恳请读者指出错误或提出意见,写信告诉我们,我们至为欢迎!

编 者

1979年8月

目 录

力 学

第一章 质点运动学	(1)
§ 1 位移 路程 速度 加速度	(1)
§ 2 匀速运动与匀变速运动	(7)
§ 3 自由落体	(13)
§ 4 抛体运动	(16)
§ 5 圆周运动	(23)
§ 6 相对运动	(27)
第二章 力 牛顿定律	(32)
§ 1 力	(32)
§ 2 静力学	(40)
§ 3 质点动力学	(51)
§ 4 曲线运动中的力	(74)
第三章 非惯性参照系	(86)
第四章 功和能	(98)
§ 1 功	(98)
§ 2 功率	(100)
§ 3 动能及其转换	(103)
§ 4 保守力和重力位能	(104)
§ 5 碰撞问题	(107)
§ 6 落体问题	(109)
§ 7 斜面问题	(111)
§ 8 弹性位能及弹簧问题	(113)
§ 9 有心力场及引力场问题	(117)
§ 10 杂题	(119)
第五章 动量 角动量	(127)
第六章 万有引力	(151)

第七章 刚体力学	(162)
§ 1 刚体的静力平衡	(162)
§ 2 刚体运动学	(169)
§ 3 转动惯量	(172)
§ 4 转动定理	(176)
§ 5 功和能	(189)
§ 6 质心和质心定律	(191)
§ 7 杂题	(196)
第八章 机械振动	(210)
§ 1 简谐振动的描述	(210)
§ 2 简谐振动的动力学问题	(217)
§ 3 简谐振动的合成	(226)
§ 4 阻尼振动和受迫振动	(229)
§ 5 杂题	(233)
第九章 机械波	(238)
§ 1 机械波	(238)
§ 2 声学振动	(245)
第十章 固体的弹性	(251)
第十一章 流体力学	(258)
第十二章 狭义相对论的基本概念	(279)
第一册习题答案	(292)

力学

第一章 质点运动学(292)	第二章 力 牛顿定律(302)
第三章 非惯性参照系(314)	第四章 功和能(319)
第五章 动量 角动量(328)	第六章 万有引力(332)
第七章 刚体力学(335)	第八章 机械振动(345)
第九章 机械波(352)	第十章 固体的弹性(355)
第十一章 流体力学(357)	第十二章 狭义相对论的基本概念(361)

力 学

第一章 质点运动学

§ 1. 位移 路程 速度 加速度

1-1 图 1-1 为一质点在直线运动中的位置 x 对时间的函数。试列出一表, 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。并问在哪一部分, 质点的运动可被认为是力学上的孤立体(即受力等于 0)的运动?



图 1-1

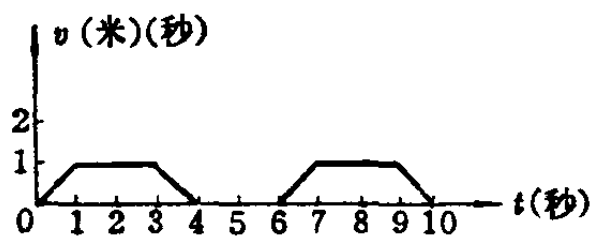


图 1-2

1-2 设速度与时间的关系如图 1-2 所示。试用图表示:

- (1) 距离与时间的关系;
- (2) 加速度与时间的关系。

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。

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 v 和加速度 a 的公式。(2) m 的初速度是多少? 初位置在

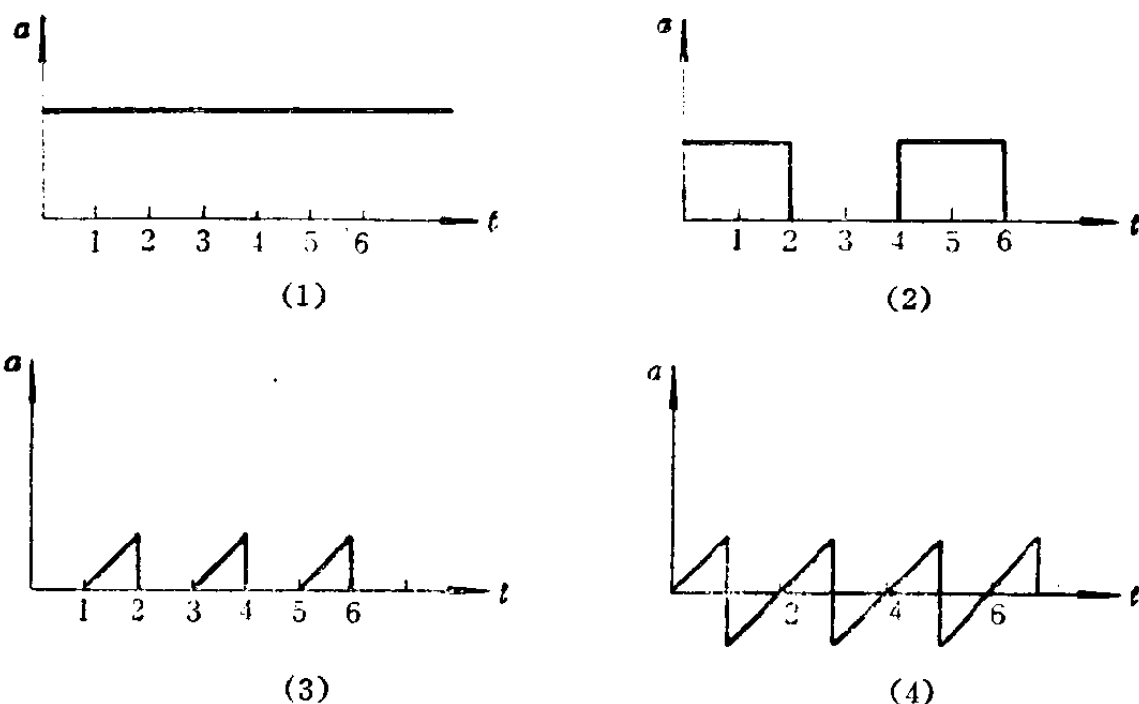


图 1-3

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) 试用微分法求 m 的速度和加速度公式; m 的初速度是多少? 方向如何?

(2) 试求 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/秒和秒。当 $t=8$ 秒时, m 在原点左边 52 厘米处。

(1) 试求 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, 试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/秒沿半径为 $R=1.0$ 米的圆周运动(如图 1-8)。试问:

(1) 当它走过 $2/3$ 圆周时, 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?

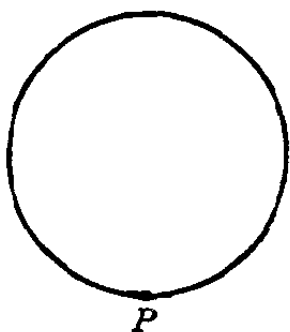


图 1-8

(2) 当它走过 $1/2$ 圆周时, 以上各值又如何?

1-9 一物体作直线运动, 它的位置由方程 $x=10t^2+6$ 决定, 其中位置 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 $t=3.00$ 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 的单位为米, t 的单位为秒。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 若以某固定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) 试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) 匀速圆周运动; (d) 匀加速圆周运动; (e) 抛物运动。

(2) 证明定理: 质点在速矢端迹上的速度即为质点在其轨道上的加速度。

1-12 一质点沿图 1-12 中所示的轨迹以匀速率运动。设此轨迹位于一水平面内, 试问在哪一点附近质点的加速度有最大值?

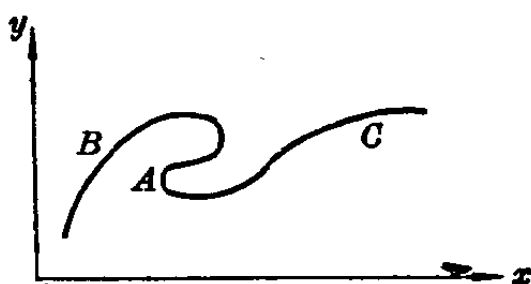


图 1-12

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) 试描述质点的运动轨迹, 并画出它的示意图;

(2) 试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) 试求质点的速度和加速度,

(2) 证明: 它的运动轨道是一椭圆, 长轴和短轴各为 $2a$ 和 $2b$; 它的加速度恒指向椭圆中心。

(3) 证明: 质点运动的周期为 $T = \frac{2\pi}{\omega}$; 分别画出 $t = 0, \frac{T}{8}, \frac{T}{4}, \frac{3T}{8}, \frac{T}{2}, \frac{5T}{8}, T$ 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, 试问在第 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

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

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

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

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

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

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

证明: $v dv = a ds$ 。

并由此得出: 当 a 为常数时, 即可得

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

1-18 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 u 沿斜面抛出一质点, u 与 L 的夹角为 α , 试求质点在斜面上运动的轨迹。

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, 轮的半径为 $r = 0.50$ 米, 试求:

(1) 车轮边缘上一点 A 的角速度 ω ;

(2) A 点的轨迹是什么?

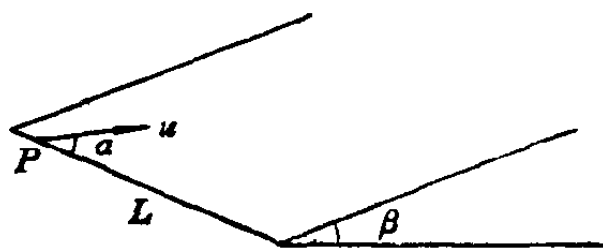


图 1-18

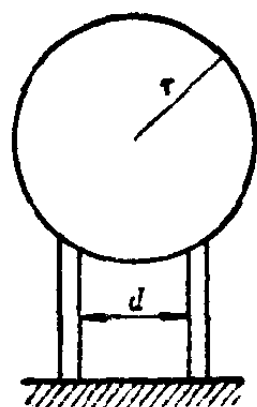


图 1-20

1-20 一半径为 r 的小球沿两固定的等高平行导轨作纯滚动, 两导轨间的距离为 d , 如图 1-20。试问:

(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?

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 $a_t=0.2$ 米/秒², 方向与速度相反。试求当火车速度为 10 米/秒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, 是指所经路程的总长度除以所经的总时间。试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在改变? ✓

(2) 一物体能否速度不变而速率在改变? ✓

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) 某物体作加速运动, 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 作匀加速直线运动的物体, 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。试求它的加速

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，试问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？

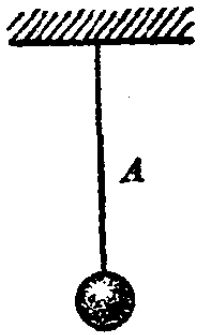


图 1-29

§ 2. 匀速运动与匀变速运动

1-31 某地震台记录到一近震，直达波中的 P 波和 S 波到达地震台的时间差为 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。

1-32 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/秒的匀速度超过它。

(1) 试问离开十字街头多远时这汽车可追上载重卡车？此时它的速度多大？

(2) 作两车的位置-时间图。

1-33 速率都是 30 公里/小时的甲乙两列火车，在同一水平直路上相向而行。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着乙车飞去，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。试问：

(1) 到甲乙两车车头相遇时，这鸟从甲车到乙车共飞行了几次？

(2) 一共飞了多少时间？

(3) 一共飞了多少距离？

1-34 为了检验汽车的加速性能, 在平直公路上立好标杆. 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, 试问:

(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 矿井里有一升降机由静止开始按匀加速上升 3.0 秒, 达到速度 $v_m = 3.0$ 米/秒, 然后按这个速度匀速上升 6.0 秒, 最后又按匀减速上升 5.0 秒而停止。

(1) 试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) 试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 沿水平直线行走, 如图 1-36。设灯距地面高度为 h_1 。

(1) 求证人影的顶端 M 点作匀速运动;

(2) 试求 M 点沿地面移动的速度 V_M 。

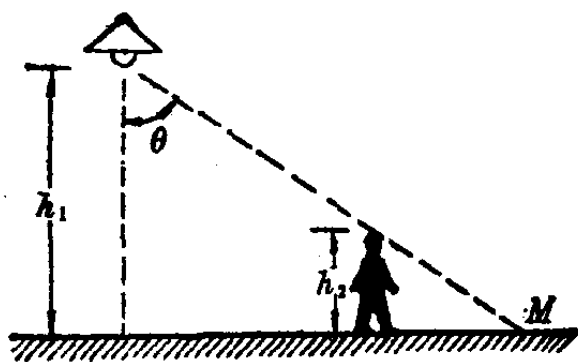


图 1-36

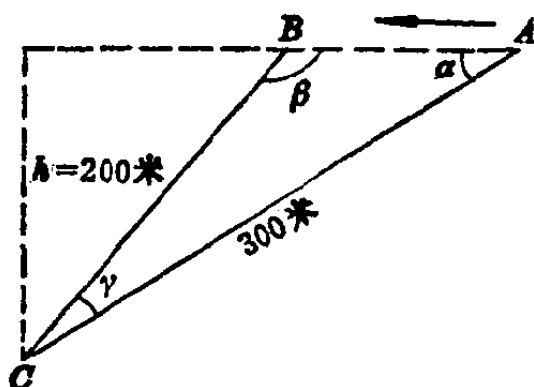


图 1-37

1-37 在 500 米的高度内, 一般步枪可以打下未配备装甲的

飞机。设枪弹的初速为 800 米/秒, 飞机高度为 $h=200$ 米, 时速为 1440 公里/小时(超音速飞机)。某一时刻射击者 C 离飞机 300 米(图1-37)。

(1) 此时应瞄准飞机 A 前方的 B 点开枪方能击中此飞机(BA 称为“提前量”), 试问 B 距 A 为多少米?

(2) 实际经验要求此时的“提前量”为射击者到飞机距离之半(即 $AB=\frac{1}{2}AC$)。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]

1-38 一物体从静止开始, 先以 α 大小的切线加速度运动一段时间后, 紧接着就以 β 大小的切线减速度运动直至停止。若物体整个运动的时间为 t 。证明: 物体运动的总路程为

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

1-39 一摩托车从静止开始以 $\alpha=1.6$ 米/秒² 的匀加速度沿直线行驶, 中途作一段匀速运动, 后又以 $\beta=6.4$ 米/秒² 的匀减速度沿直线行驶直至停止。若这样地走了 $L=1.6$ 公里, 共用了 $t=130$ 秒的时间, 试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 若要求把一辆静止在某一地点的小车在最短时间内推到另一个地点, 并静止在那里。这两个地点的路程为 L , 如果小车的加速性能限制它的切线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 有一小船放下风帆后继续前进, 在这段运动时间里对