



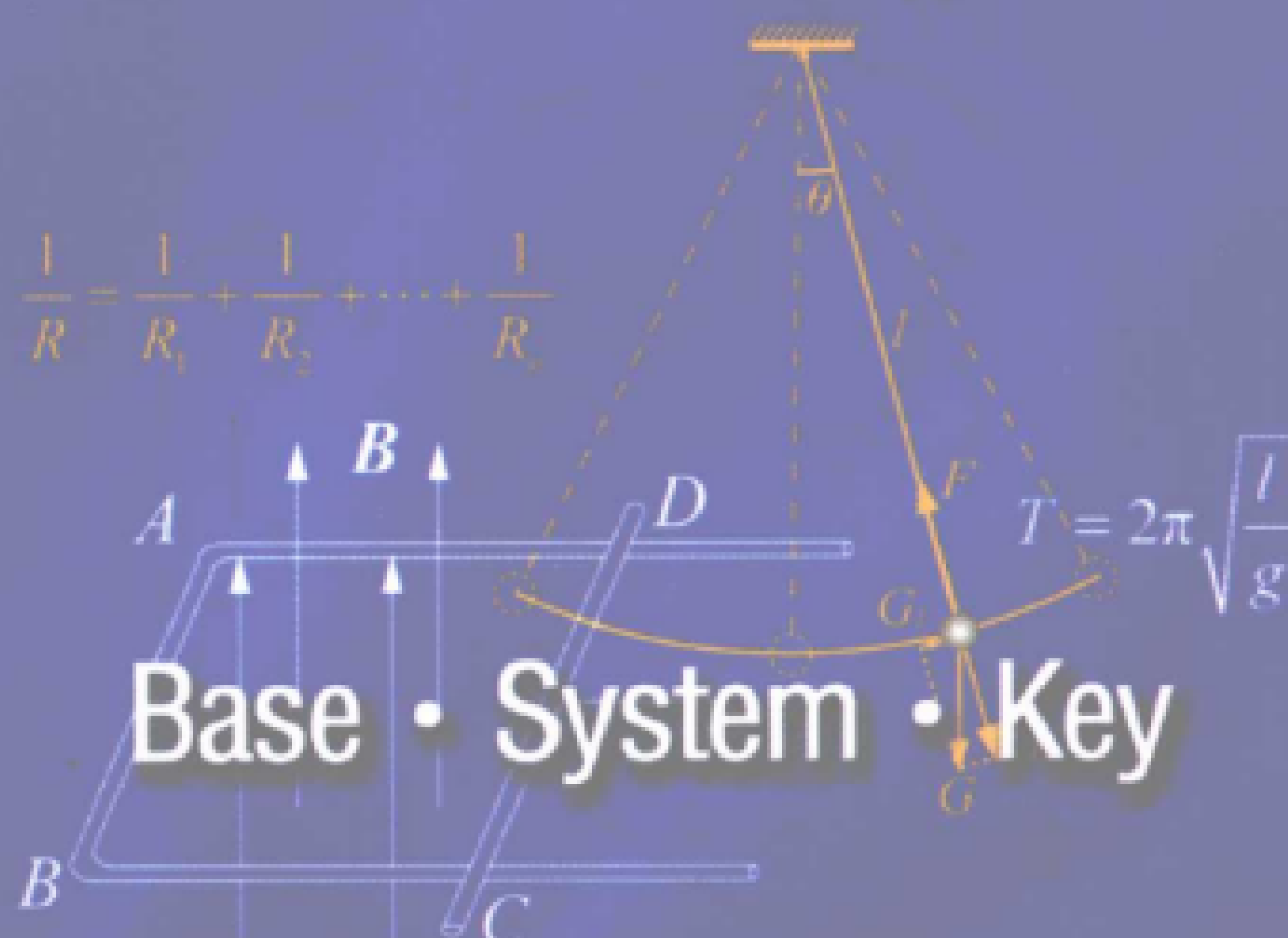
超级高中专题系列

超级物理专题题典

冲量与动量

• 紧扣大纲 关注高考 •

丛书主编 孙亚东
本册主编 孙亚东



—— 学习物理必备的全面工具书 ——

世界图书出版公司

超级物理专题题典

13 直线运动与曲线运动

14 力与牛顿运动定律

15 冲量与动量

16 功和机械能

17 电场与恒定电流

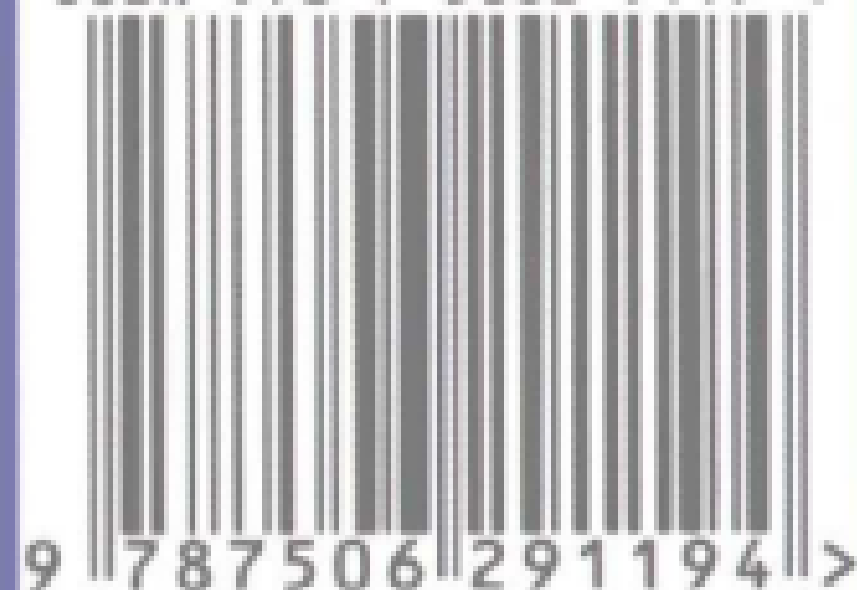
18 磁场与电磁感应

19 机械波与电磁波

20 热学 光学 近代物理

21 物理实验

ISBN 978-7-5062-9119-4



装帧设计:赵旭

WS/9119 定价:10.00元

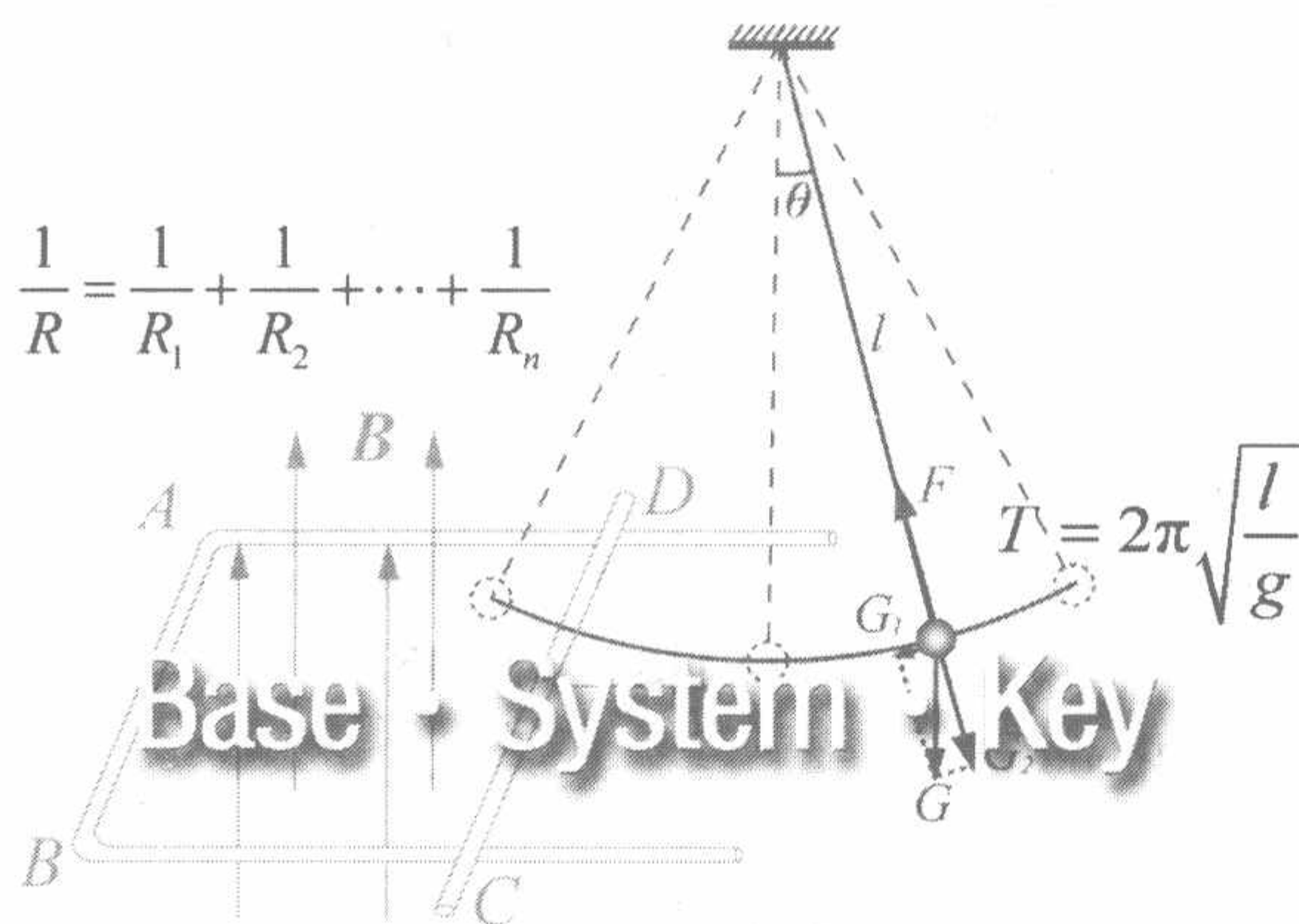


超级高中专题系列

超级物理专题题典

冲量与动量

丛书主编 孙亚东
本册主编 孙亚东



世界图书出版公司

上海·西安·北京·广州

前言

参考书和教材不同,它并不是学习中的必需品。然而学习好的同学,大部分都看过至少一本参考书,有个别的,甚至看完了市面上所有的参考书,这是为什么呢?

教材都是自成体系,为了配合大纲和课堂教学,其中很多内容讲述得恰到好处,可以说是提供了一个角度很好的剖面。然而要学好一门学科,必须具备三点:首先是清晰的知识框架,其次是翔实的知识内容,最后是巧妙的方法技巧。要达到这三点,从理论上讲,反复阅读教材并练习教材中的习题是可以做到的,只是需要花费较长的时间去领悟。不过,实际情况往往是限于课时进度,同学们用于学习单一科目的时间本就有限,花费在科目内部的具体知识板块的时间更加寥寥,有没有什么捷径可以走呢?答案是没有。虽然没有捷径,但却有另外一条路可供选择,这就是选择合适的参考书。好的参考书能从各种角度去剖析问题,透过现象看本质;或是补充个别知识点,完善整个知识框架;或是通过纵横向比较,揭示出本来就存在,但教科书却未明示的一些规律;或是汇总前人的经验,揭示出你原本就该知道的一些方法技巧。这套《超级物理专题题典》正是本着这样的初衷,以《超级数学专题题典》的框架为基础拓展编写的,一共包括《直线运动与曲线运动》、《力与牛顿运动定律》、《冲量与动量》等9本。

本套书在编排上体现了以下特点:

(i) 知识讲解循序渐进

知识点讲解特色突出,全套书中的每一本都分为基础知识和拓展思维两大部分。前一部分针对具体的知识点进行精析细讲,帮助读者牢固扎实地打好知识基础、建立知识体系,使学习、记忆和运用有序化。第二部分“高屋建瓴”,帮助读者在掌握和巩固基础知识的同时,突破难点、提高思维。在力求提高的同时,把握尺度,不出偏题、怪题,使之虽然难度加大,但是并不偏离高考方向。

(ii) 题目搭配合理有序

习题配备由易到难,层层延伸。基础练习题,能力练习题,历届高考题,精选星级题,3大部分6小块,覆盖高中低档各类题型,层层递进,级级延伸,为复习、备考提供丰富的资料储备;题目讲解不拘一解,详尽规范,引导读者去探究“一题多解”、“多题一解”、“一题多变”和“万变归一”的思想

与学习方法,使读者真正能够领悟到举一反三、触类旁通的奥妙。

(iii) 框架结构明朗清晰

全书按照内容分布各种知识框架图,为读者学习和探索提供参考路标。

(iv) 成书符合使用习惯

全书采用“知识点讲解”、“对应例题”、“另一个知识点讲解”、“对应例题”的编排模式,更符合授课式的思维习惯。我们还独出心裁地引入了“考频”概念,借助于此知识点在最终高考中所占比例的统计数据来检验自己对这一知识点、这一部分内容,甚至这一类问题的掌握程度,以寻找更合适的复习之道,从而达到优质、有效的复习效果。

(v) 自成体系一书多用

本套书完全基于教材,但又不拘泥于教材。基于教材是指教材中的知识点,只要是涉及某专题的,基本上都收录进书,并分别成册;不等同于教材是指本套书并未严格按照教材的章节顺序进行编排,而是把本专题相关内容作为一个子体系加以归纳。这样做的好处不但可以让同学们在短时间内掌握此专题内容,而且还脱离了教材变动的局限性,使全国所有中学生均可选用。

对于正在学习高中物理课程的同学,可以使用本书作为课堂内容的预习复习与补充;对于正在紧张复习,即将投入的高考的同学,使用本书也可作为复习的纲要与熟悉各种题型的战场;而对于高中教育的研究者,本书可以提供一部分研究素材。

由于作者时间和水平所限,疏漏之处在所难免,敬请不吝指正。

盛世教育高考命题研究组

2008年3月

目 录

第一篇 知识篇	1
第一章 冲量与动量	2
第一节 冲量的概念	2
高考考点和趋势分析	2
知识点讲解与应用	3
基础练习题	7
高屋建瓴	7
能力练习题	10
第二节 动量的概念	10
高考考点和趋势分析	10
基础练习题	13
高屋建瓴	14
能力练习题	19
本章参考答案与解析	20
第二章 冲量与动量的关系	25
第一节 动量定理	25
高考考点和趋势分析	25
知识点讲解与应用	26
基础练习题	28
高屋建瓴	31
能力练习题	33
第二节 对动量定理的理解	34
高考考点和趋势分析	34
知识点讲解与应用	35
基础练习题	40
高屋建瓴	42
本章小结	45
能力练习题	45
本章参考答案与解析	48

第三章 动量守恒	54
第一节 动量守恒定律	54
高考考点和趋势分析	54
知识点讲解与应用	55
基础练习题	60
高屋建瓴	63
能力练习题	69
第二节 对动量守恒定律的理解	71
高考考点和趋势分析	71
知识点讲解与应用	72
基础练习题	77
高屋建瓴	78
本章小结	79
能力练习题	79
本章参考答案与解析	80
第四章 冲量与动量的应用	87
高考考点和趋势分析	87
知识点讲解与应用	87
基础练习题	101
高屋建瓴	103
本章小结	110
能力练习题	110
本章参考答案与解析	113
第二篇 真题篇	119
第一部分 思维陷阱	119
失分现象分析	119
应对策略	120
典例剖析	123
第二部分 高考真题	139
考纲要求	139
考点阐释	139
命题趋向	140
应试策略	141
真题探究	144

选择题	144
非选择题	147
真题篇答案与解析	153
第三篇 题典篇	171
选择题	171
非选择题	178
题典篇答案与解析	188
附录一 公式定理大全	231
附录二 高中物理公式一览表	234

第一篇 知识篇

本章知识结构图

冲量与动量	冲量与动量	冲量的概念
		动量的概念
	冲量与动量的关系	动量定理
		对动量定理的理解
	动量守恒	动量守恒定律
		对动量守恒定律的理解
	冲量与动量的应用	冲量与动量的应用

本书主要讲述动量的概念,以及动量定理和动量守恒定律.这一部分内容可视为牛顿力学的进一步展开.在牛顿运动定律的基础上,通过引入动量的概念,得出有关动量的规律,特别是动量守恒定律,为解决力学问题开辟了新的途径.因此,冲量与动量将成为高中力学的一个非常重要的组成部分.

说明:本章教材在高中物理课本中虽然篇幅较少,但本章知识在物理学乃至整个自然界中的重要地位不容忽视,而且本章内容也是高考重点考查内容之一.在近几年的高考试题中,单独考查动量内容的题目虽不多,但往往与机械能结合起来考查.

第一章 冲量与动量

本章知识结构图

冲量与动量	冲量的概念	冲量的含义
		冲量的物理意义
		冲量的矢量性
		冲量的单位
		力和冲量的区别与联系
		冲量的计算
		冲量的定义式 $I=Ft$ 只可用于求恒力的冲量
		冲量与功的区别
		冲量是过程量
		合力的冲量
	动量的概念	动量的定义
		动量的矢量性
		动量的单位
		动量的变化
		动量与速度的区别
		动量与动能的区别

第一节 冲量的概念

高考考点和趋势分析

冲量的概念和冲量的计算在考试大纲中是Ⅱ级要求,是力学中很重要且基本的物理概念.

- 目标 1 理解并掌握冲量的概念,会计算某个恒力的冲量;
- 目标 2 能够熟练运算关于冲量的计算;
- 目标 3 知道动量的变化也是矢量,会正确计算一维的动量变化.

知识点讲解与应用

1. 冲量的定义(考频 14 次,其中,选择题 7 次,非选择题 7 次)

力和力的作用时间的乘积叫做力的冲量(impulse,简称为 I),用公式表示为 $I = Ft$. 冲量是描述力对物体作用的时间累积效应的物理量,它是力的时间累积效应的量度. 例如,汽车启动时,为了达到一定的速度,必须要有牵引力并且还得作用一段时间. 当汽车牵引力较大时,它在较短时间内就可以达到这个速度;而当汽车牵引力较小时,就需要较长时间才能达到这个速度. 可见力和作用时间的乘积可以用来描述力的作用效果.

力的冲量记为 $I = Ft$,只要力和力的作用时间的乘积保持不变,它对物体的作用效果就应该是一样的.

例1 如图 1-1-1,一个质量是 1kg 的刚性小球,以 6m/s 的速度水平向右运动,撞到坚硬的墙壁后被弹回,沿同一路线以 5m/s 的速度水平向左运动,碰撞前后钢球的动量有没有变化? 变化了多少?

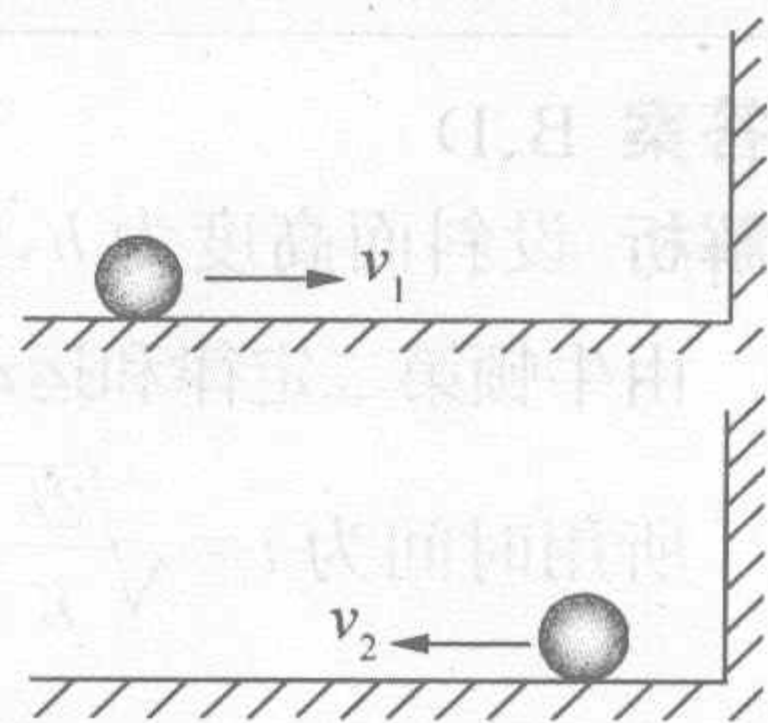


图 1-1-1

分析 动量是矢量,动量的运算服从矢量运算规则,如不在一直线上,按照平行四边形定则进行. 如果运动在一直线上,可以选定一正方向,简化为代数运算.

解答 取向右的方向为正

$$\text{初态 } p_1 = mv_1 = 1\text{kg} \cdot 6\text{m/s} = 6\text{kg} \cdot \text{m/s},$$

$$\text{末态 } p_2 = mv_2 = 1\text{kg} \cdot (-5\text{m/s}) = -5\text{kg} \cdot \text{m/s},$$

$$\text{变化 } \Delta p = p_2 - p_1 = -5\text{kg} \cdot \text{m/s} - 6\text{kg} \cdot \text{m/s} = -11\text{kg} \cdot \text{m/s}.$$

方向:和正方向相反,向左.

点评 动量变化为 $-11\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 中的“ $-$ ”号不是表示动量减少,而是由于动量的矢量性,表示方向与规定的正方向刚好相反,如果本题选择以向左为正方向,则动量的变化量为 $11\text{kg} \cdot \text{m/s}$.

冲量是描述力对物体作用的时间累积效应的物理量. 力的冲量是一个过程量. 在谈及冲量时,必须明确是哪个力在哪段时间上的冲量,而且冲量是力对物体的冲量,而不能说成是“物体的冲量”.

冲量的大小与力及力的作用时间两个因素有关,力大不一定冲量大,有时间则力一定有冲量,与物体的运动状态无关.

冲量的表达式是 $I = Ft$,而 t 是一个过程量,因此力的冲量是一个过程量,在

谈及冲量时,必须明确是哪个力在哪段时间内的冲量.如果物体所受的力是大小和方向都不变的恒力 F ,冲量 I 就是 F 和作用时间 t 的乘积.如果 F 的大小、方向是变动的,冲量 I 应用矢量积分运算.

2. 冲量的物理意义(考频 3 次,其中,选择题 2 次,非选择题 1 次)

冲量是描述力作用于物体一段时间的累积效应,力越大,作用时间越长,力的冲量就越大.

例2 两个质量相等的物体在同一个高度分别沿有着不同的倾斜角的两个斜面由静止开始下滑(假设斜面绝对光滑),在它们达到斜面底端的过程中_____.

A. 重力的冲量相同

B. 合力的冲量不同

C. 斜面弹力的冲量相同

D. 到达斜面底端的动量不同

答案 B、D

解析 设斜面高度为 h ,倾斜角为 θ ,物体质量为 m ,

由牛顿第二定律和运动学公式可求出物体滑到斜面底端的速度大小为 $v = \sqrt{2gh}$,

所用时间为 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \cdot \frac{1}{\sin\theta}$,

则由冲量的定义可知重力的冲量为 $I_G = mgt = \frac{m\sqrt{2gh}}{\sin\theta}$, ①

方向竖直向下,

斜面弹力的冲量大小为 $I_N = mg\cos\theta t = \frac{m\sqrt{2gh}}{\tan\theta}$, ②

方向垂直斜面向上,

合力的冲量为 $I_{\text{合}} = mg\sin\theta t = m\sqrt{2gh}$, ③

方向沿着斜面向下,

到达斜面底端的动量大小为 $p = mv = m\sqrt{2gh}$, ④

方向沿着斜面向下,

由①可知重力冲量与 $\sin\theta$ 有关, θ 不同,重力的冲量就不同,A 错误.

由②可知弹力冲量与 $\tan\theta$ 有关, θ 不同,弹力的冲量就不同,C 错误.

由③④可知合力冲量与到达斜面底端的动量大小相同,方向却与斜面倾角有关,所以合力冲量与到达斜面底端小物体的动量是不同的,B、D 正确.

点评 动量和冲量都是矢量,包含矢量大小、方向两个要素,两个同类矢量相同的条件是“大小相等且方向相同”.本题根据公式 $I = Ft$,求恒力冲量的大小和方向,然后根据公式 $p = mv$ 求瞬时冲量的大小和方向,是必须掌握的重点知识.初学者容易发生的错误主要有以下 3 种:一是把力的冲量与该力对产生加速度有无贡献混淆,认为弹力的冲量为零.这里要引起重视的是物体的运动状态和

冲量并无直接关系,例如不能把静止的物体受到的力的冲量看成是零.二是误认为重力的冲量的方向沿着斜面方向.三是误认为物体滑到斜面底端时动量大小相同就认为这两个物体的动量相同,忽略动量的矢量性.

3. 冲量的矢量性(考频 6 次,其中,选择题 5 次,非选择题 1 次)

因为力是矢量,所以冲量也是矢量.但冲量的方向一般并不是力的方向,如果在作用时间内作用力为恒力(大小和方向都不变)时,冲量的方向与力的方向是一致的;如果在作用时间内作用力是变力时,特别是作用力的方向也变时,冲量的方向应是平均力的方向.在动量定理一章中,我们会详细讨论,冲量的方向是物体动量变化的方向.

①若力 F 是恒力,其冲量大小可由 $I = Ft$ 计算,其方向与力 F 的方向相同.

②若力 F 是变力,则其大小和方向要借助于下章学习的动量定理确定(若力 F 方向不变,则冲量方向与力 F 方向相同).

③若已知 F 和 t 的关系图象,如图 1-1-2 所示,则 $F-t$ 图线下方的“面积”在数值上等于力的冲量.

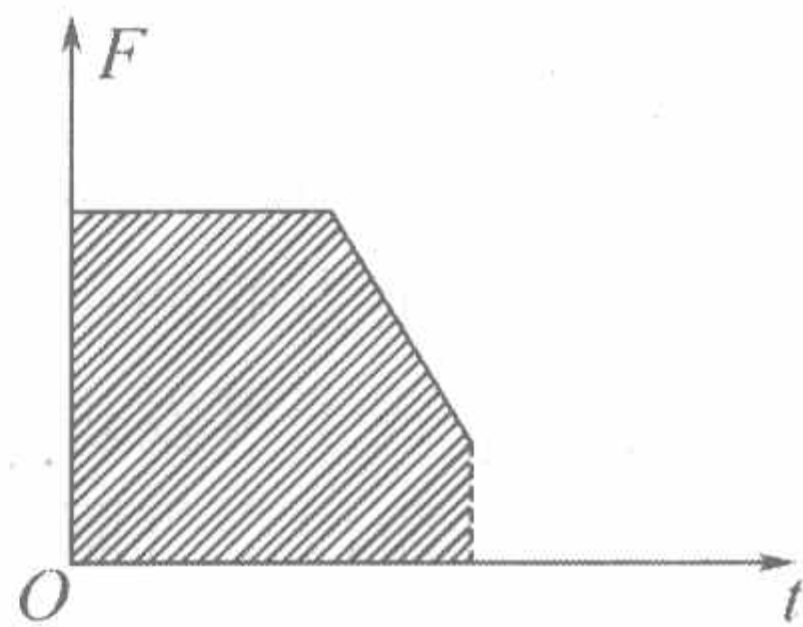


图 1-1-2

例3 下列关于冲量的说法中,错误的是_____.

- A. 物体受到的力越大,该力的冲量也越大
- B. 当力与位移方向垂直时,冲量为零
- C. 只要力 F 的大小恒定,就可用 $I = Ft$ 计算该力的冲量
- D. 冲量的方向总跟力的方向相同

答案 A、B、C、D

解析 由 $I = Ft$ 可知,冲量 I 的大小由力 F 和时间 t 共同决定.如果力 F 很大,但时间 t 不确定时,冲量 I 不一定大.冲量与力和位移是否垂直无关.若力 F 大小恒定,而方向却在变,就不能用 $I = Ft$ 计算冲量 I .当力的方向不变时,冲量方向与力的方向相同;若力的方向是变化的,则冲量方向与力的方向就不一定相同.

点评 尤其要注意 D 选项,这是一个很容易出错的点.

例4 以速度 v 竖直向上抛出一个小球后,球又落回原地,设小球在运动过程中所受到的空气阻力大小恒为 f ,则下列说法中正确的是_____.

- A. 小球上升阶段动量变化大于下落阶段动量的变化
- B. 从抛出到落回原地的时间内,重力的冲量为零
- C. 从抛出小球到落回原地的时间内,空气阻力的冲量为零
- D. 小球上升阶段所受空气阻力的冲量小于下落阶段所受空气阻力的冲量

答案 A、D

解析 应用牛顿第二定律和运动学公式依次求出上升阶段和下落阶段加速度大小

$$\text{分别为: } a_{\uparrow} = g + \frac{f}{m}, a_{\downarrow} = g - \frac{f}{m},$$

$$\text{所需时间分别为 } t_{\uparrow} = \sqrt{\frac{2H}{a_{\uparrow}}}, t_{\downarrow} = \sqrt{\frac{2H}{a_{\downarrow}}},$$

落回原地速度大小为 $v' = \sqrt{2a_{\downarrow}H}$, 而抛出速度大小为 $v = \sqrt{2a_{\uparrow}H}$, 这里 H 为上升的最大高度,

分析以上各式可知, $a_{\uparrow} > a_{\downarrow}, t_{\uparrow} < t_{\downarrow}, v > v'$,

设竖直向上的方向为正方向, 则上升阶段和下落阶段的动量变化分别为:

$$\Delta p_{\uparrow} = 0 - mv = -m\sqrt{2a_{\uparrow}H}, \Delta p_{\downarrow} = -mv' - 0 = -m\sqrt{2a_{\downarrow}H},$$

$$\text{空气的阻力的冲量为 } I_{f\uparrow} = -ft_{\uparrow}, I_{f\downarrow} = -ft_{\downarrow},$$

由以上式子可发现, 上升阶段动量变化大于下落阶段动量变化, 选项 A 正确,

而上升阶段空气阻力的冲量小于下落阶段空气阻力的冲量, 选项 D 正确,

$I_{f\uparrow} + I_{f\downarrow} \neq 0$, 从抛出到落回原地的时间内, 空气阻力的冲量不为零, 选项 B 错误.

显然重力冲量不为零, C 错误.

综上所述, 本题答案为 A、D.

点评 此题中所涉及的动量、冲量和动量的变化等矢量均在同一直线上, 在进行矢量运算时, 应先假定出一个正方向, 然后将矢量运算简化为代数运算. 注意这里的空气阻力存在时, 竖直上抛运动不具有对称性, 读者可自己分析一下, 如果本题忽略空气阻力, 那么结论会是如何?

4. 冲量的单位(考频 3 次, 其中, 选择题 3 次, 非选择题 0 次)

冲量的单位由力的单位和时间的单位共同决定, 在国际单位制中, 冲量的单位是牛顿·秒, 国际代号为 $N \cdot s$.

5. 力和冲量的区别与联系(考频 5 次, 其中, 选择题 3 次, 非选择题 2 次)

力 F 和力的冲量 I 都是描述力对物体作用的物理量, 都是矢量. 但力是瞬时作用量, 有力的作用, 物体的运动状态就会发生变化, 即产生加速度, 而力的冲量是一个与时间有关的过程作用量, 要改变物体的速度必须经过一段时间的作用才能实现. 此外, 冲量的方向一般不是力的方向.

6. 冲量的计算(考频 3 次, 其中, 选择题 3 次, 非选择题 0 次)

冲量的表达式 $I = Ft$ 只适用于计算恒力的冲量, 要计算变力的冲量一般可采用动量定理, 对于多个力的作用, 即计算合外力的冲量, 可分两种情况: 第一种情况, 当各个力作用的时间相同时, $I_{\text{合}} = F_{\text{合}}t$; 第二种情况, 当各个力作用的时间不等时, $I_{\text{合}} = F_1t_1 + F_2t_2 + F_3t_3 + \dots$, 是每个力冲量的矢量和.

基础练习题

1. 如图 1-1-3 所示,质量相同的 A 、 B 两物体,从高度相同的两光滑斜面的顶端无初速度下滑到各自斜面底端的过程中(两斜面倾角不同)_____.

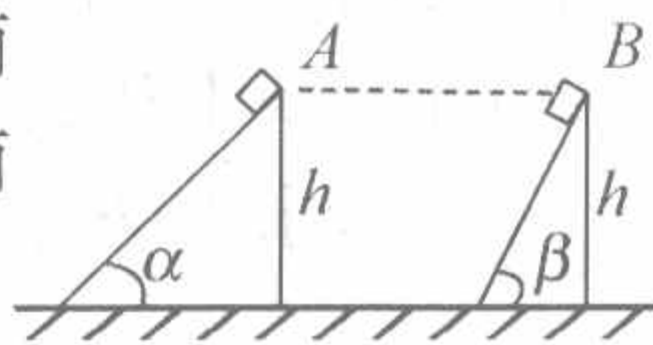


图 1-1-3

- A. 重力的冲量相同 B. 弹力的冲量相同
C. 合力的冲量相同 D. 以上说法均不对
2. 竖直上抛一小球,后又落回原地,小球运动时所受空气阻力大小不变,则_____.
- A. 从抛出到落回原地的时间内,重力的冲量为零
B. 上升阶段空气阻力的冲量小于下落阶段空气阻力的冲量
C. 从抛出到落回原地的时间内,空气阻力的冲量为零
D. 上升阶段小球的动量变化大于下落阶段小球的动量变化
3. 在光滑水平面上有质量均为 2kg 的 a 、 b 两质点,质点 a 在水平恒力 $F_a=4\text{N}$ 作用下由静止出发运动 4s ,质点 b 在水平恒力 $F_b=4\text{N}$ 作用下由静止出发移动 4m . 比较这两质点所经历的过程,可以得到的正确结论是_____.
- A. a 质点的位移比 b 质点的位移大
B. a 质点的末速度比 b 质点的末速度小
C. 力 F_a 做的功比力 F_b 做的功多
D. 力 F_a 的冲量比力 F_b 的冲量小
4. 将质量为 $m=1\text{kg}$ 的小球,从距水平地面高 $h=5\text{m}$ 处,以初速度 $v_0=10\text{m/s}$ 水平抛出,求:
- (1) 平抛运动过程中小球动量的增量 Δp ;
(2) 小球落地时的动量 p' ;
(3) 飞行过程中小球所受的合外力的冲量 I . (取 $g=10\text{m/s}^2$)

参考答案见 P21

高屋建瓴

1. 冲量定义式 $I=Ft$ 只可用于求恒力的冲量.

如果在时间 t 内,作用在物体上的力是变化的,就要把整个运动过程分成很多很短的时间间隔 Δt ,以至在 Δt 时间内,可以认为力是不变的,用这段时间里的作用力乘这段时间,则力的冲量为 $F_i \Delta t$, t 时间内力的冲量等于这些小段力的冲量的矢量和 $I = \sum_i F_i \Delta t$. 在具体运算时有多种方法.

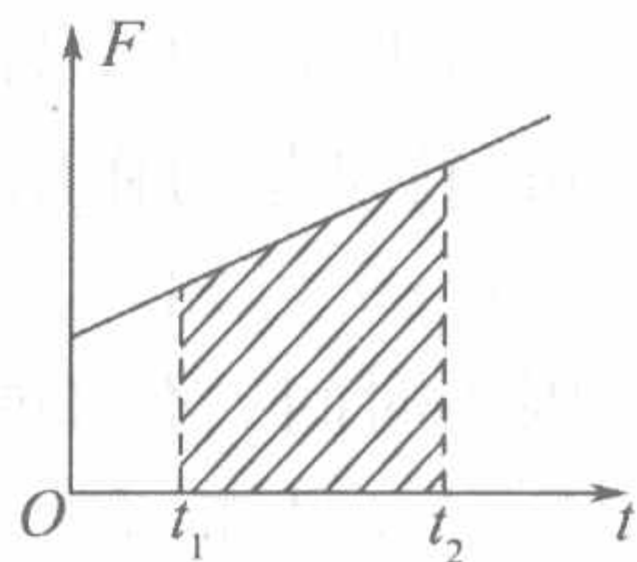


图 1-1-4

在下一节我们会学到可以利用动量定理求变力的冲量.

如果力随时间作线性变化时,可以利用 $F-t$ 图求变力的冲量,此时比较容易求

平均力,以时间为横轴,力为纵轴,当力随时间作线性变化时,力随时间变化的关系图线在 $F-t$ 坐标上如图1-1-4所示,该图线与时间轴围成的面积(图中阴影部分)在量值上代表了力的冲量。

这样,求力的冲量问题就变成求 $F-t$ 图象上的面积问题了。

例5 将一根粗细均匀的长木棒竖直匀速按入水中.从木棒接触水面开始计时,如果在第1s内浮力对木棒的冲量为 I_0 ,则在第 ns 和 ns 内浮力对木棒的冲量分别是多少?

分析 木棒所受浮力随木棒浸入水中深度增加而增加,可见木棒所受浮力是一个变力,现在关键要找出浮力的表达式。

解答 设木棒的横截面积为 S ,木棒浸入水中的深度为 x ,根据阿基米德定律,木棒所受的浮力为 $F=\rho_{\text{水}} g S x$,由于木棒是匀速进入水中的,故有 $x=vt$,所以木棒所受浮力为 $F=\rho_{\text{水}} g S v t$,式中 $\rho_{\text{水}}$ 、 g 、 S 、 v 均为常数,故可写作 $F=kt$, $k=\rho_{\text{水}} g S v$,即浮力 F 与 t 成正比.在 $F-t$ 图上作 F 的图象,如图1-1-5所示. OA 线与时间轴及 F 轴的平行线所围成的面积表示浮力的冲量大小.浮力 F 在第1s内的冲量为:

$$I_0 = \frac{1}{2} k \cdot 1 = \frac{1}{2} k, \quad (1)$$

浮力在第 ns 内的冲量为:

$$I_n = \frac{1}{2} [(n-1)k + nk] = \frac{1}{2} k (2n-1) = (2n-1) I_0, \quad (2)$$

$$\text{浮力在 } ns \text{ 内的冲量为 } I = \frac{1}{2} n \cdot nk = n^2 I_0. \quad (3)$$

点评 利用图象法求冲量,好处是直观,运算简便,但它只适用于力随时间作线性变化的情形。

2. 冲量与功的区别(考频2次,其中,选择题2次,非选择题0次)

①冲量是矢量,功是标量。

②恒力在一段时间内可能不作功,但一定有冲量.特别是力作用在静止的物体上也有冲量.由 $I=F \cdot t$ 可知,有力作用,这个力一定会有冲量,因为时间 t 不可能为零,但是由功的定义式 $W=F s \cos \theta$ 可知,有力作用,这个力却不一定做功。

③冲量是力在时间上的积累,而功是力在空间上的积累.这两种积累作用可如图1-1-6所示,(a)

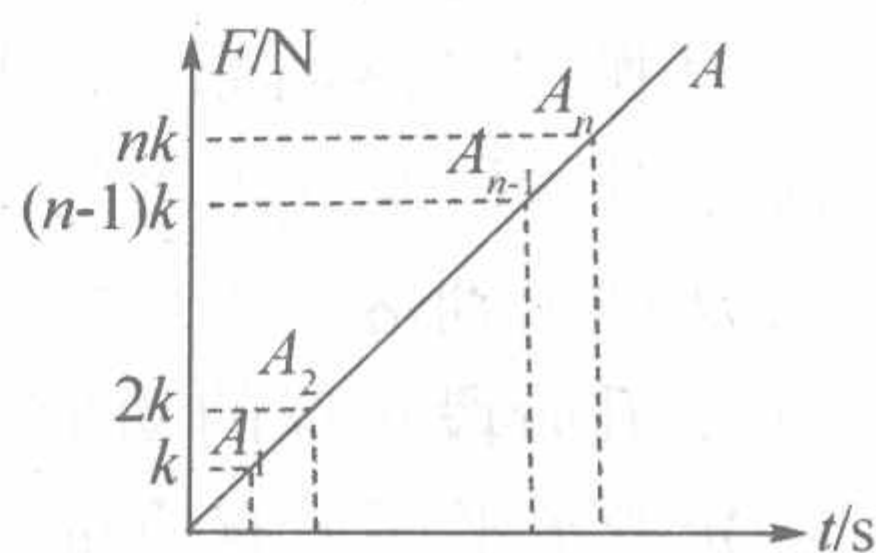


图 1-1-5

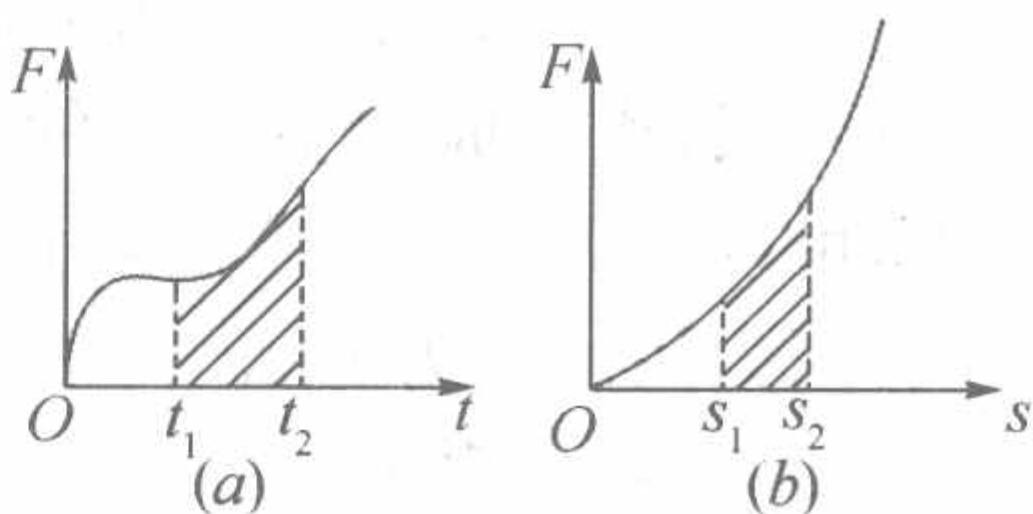


图 1-1-6

图中的曲线是作用在某一物体上的力 F 随时间 t 变化的曲线,图中阴影部分的面积就表示力 F 在时间 $\Delta t=t_2-t_1$ 内的冲量. (b)图中的曲线是作用在某一物体上的力 F 随位移 s 变化的曲线,图中阴影部分的面积就表示力 F 在位移 $s=s_2-s_1$ 上做的功. 冲量和功显然是不同的.

例6 质量为 m 的小球由高为 H 倾角为 θ 光滑斜面顶端无初速滑到底端过程中,重力、弹力、合力的冲量各是多大?

分析 依据上文的分析分别计算.

解答 力的作用时间都是 $t=\sqrt{\frac{2H}{g\sin^2\theta}}=\frac{1}{\sin\theta}\sqrt{\frac{2H}{g}}$,

力的大小依次是 $mg, mg\cos\theta, mg\sin\theta$,

所以它们的冲量依次是:

$$mg \frac{1}{\sin\theta}\sqrt{\frac{2H}{g}}, mg\cos\theta \frac{1}{\sin\theta}\sqrt{\frac{2H}{g}}, mg\sin\theta \frac{1}{\sin\theta}\sqrt{\frac{2H}{g}}.$$

$$\text{即 } I_G = \frac{m}{\sin\theta}\sqrt{2gH}, I_N = \frac{m}{\tan\theta}\sqrt{2gH}, I_{\text{合}} = m\sqrt{2gH}.$$

点评 特别要注意,该过程中弹力虽然不做功,但对物体有冲量.

冲量通常用来求短暂过程(如撞击)中物体间的作用力,即由物体的动量增量和作用的时间而估算其作用力. 此力又称冲力.

一般的,冲力是指在一个物理过程中物体受到的平均力的作用.

3. 冲量是过程量(考频 4 次,其中,选择题 3 次,非选择题 1 次)

冲量是在力作用的时间过程中逐渐累积起来的;若说某时刻的冲量则是没有意义的,理解冲量要兼顾力和时间这两方面的因素.

4. 合力的冲量(考频 12 次,其中,选择题 5 次,非选择题 7 次)

物体所受合力的冲量指在一段时间内外力对物体作用的总冲量,等于物体所受诸力的冲量的矢量和.

求合力的冲量应按矢量合成法则——平行四边形定则进行计算. 具体问题中,可以先求出合力,若合力恒定,则乘以作用时间即得合力冲量;也可以先求出每个力的冲量,再求它们的矢量和,即为合力冲量(当各力作用时间不相等时,只能用后一种方法). 如果各力及各力的冲量均在同一条直线上,则可以选择一个正方向,与正方向同向的力及冲量取正值,与正方向反向的力及冲量取负值,这样就可把复杂的矢量运算简化为代数运算. 若合力是变力,则不能用 $I=Ft$ 计算冲量,要用下一节的动量定理求合力的冲量.