

精要点拨与 能力激活

丛书主编 乔世伟 / 副主编 徐界生 / 本册主编 朱红兵

上海市 **松江二中** 编写

高一物理

第二学期

(试用本)

GAOZHONG JINGXUE
QIAOLIAN CONGSHU

❖ 学习导引 范例解析 拓展联想 训练与应用 ❖



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

精要点拨与 能力激活

丛书主编 乔世伟 / 副主编 徐界生 / 本册主编 朱红兵

上海市 松江二中 编写

高一物理

第二学期

(试用本)

GAOZHONG JINGXUE
QIAOLIAN CONGSHU

❖ 学习导引 范例解析 拓展联想 训练与应用 ❖



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

高一物理(试用本)精要点拨与能力激活:第二学期/上海市松江二中编写.
—上海:华东理工大学出版社,2008.1
(高中精学巧练丛书)
ISBN 978-7-5628-2167-0

I. 高… II. 上… III. 物理课—高中—教学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 165135 号

高中精学巧练丛书

高一物理(试用本)精要点拨与能力激活(第二学期)

上海市松江二中编写

本册主编 / 朱红兵

责任编辑 / 钱四海

责任校对 / 张 波

封面设计 / 大象设计工作室

出版发行 / 华东理工大学出版社

地 址:上海市梅陇路 130 号,200237

电 话:(021)64250306(营销部)

传 真:(021)64252707

网 址:www.hdlgpress.com.cn

印 刷 / 上海崇明裕安印刷厂

开 本 / 787mm×1092mm 1/16

印 张 / 9.5

字 数 / 234 千字

版 次 / 2008 年 1 月第 1 版

印 次 / 2008 年 1 月第 1 次

印 数 / 1—8050 册

书 号 / ISBN 978-7-5628-2167-0/G·320

定 价 / 15.00 元

(本书如有印装质量问题,请到出版社营销部调换。)

高中精学巧练丛书编委会名单

主 编 乔世伟

副主编 徐界生

编 委 孙金明 朱桂娟 葛韵华

朱红兵 顾韦平

前 言

本丛书是我校《高中教学精华丛书》与时俱进的最新版本。

《高中教学精华丛书》自1996年8月初版以来,受到广大中学师生的普遍欢迎,经多次重版共销售近百万册。此后,随着教改形势的发展,教材及高考命题的变化,为进一步提高丛书质量,满足读者要求,我们于2001年6月对本丛书作了相当的修改增删,以“修订版”的新貌出现在各家书店的图书专柜上,再一次赢得了广大读者的嘉许。

然而,时代的演变,教改的推进是一个生生不息的过程,以服务广大高中师生、服务高中教学为宗旨的我校丛书编写只能是顺应发展,以变应变。上海市新一轮课改提出了“以国际化大都市为背景,以德育为核心,以培养学生创新精神和实践能力为重点,以学习方式的改变为特征”的明确要求,这对我们来说,不仅是一次探索新路的挑战,也是一次重编新书的机遇。借百年老校之传承,积数载教改之经验,凭优良师资之实力,受二期课改之驱动,我们遵循高考改革方向,重视实践效果,群策群力,集思广益,终于编写出与二期课改相配套的丛书,命其名为《高中精学巧练丛书》。

在最初的《高中教学精华丛书》的各个分册中,我们曾力求分别体现其实用性、针对性、侧重性、贴近性、全面性、启发性,以期适应自主学习、自主发展、应对考查、应战高考的需要,后又加大“引导性”、“示范性”的力度,更有利于掌握变中求胜的先机。现在,以上种种仍择优融入新编丛书之中。体例不同了,编排不同了,内容不同了,题路不同了,但择优整合、发展创新的原则没有变,落实能力立意,应用为要的措施更强化。注重夯实基础,促进理解;循序渐进,同步操练;激活思维,拓展视野;加强研究,提升能力……纵览教育园地,二期课改已进入攻坚阶段,一切与此相关的尝试正期待着更好的结果。潮平两岸阔,风正一帆悬。催促着我校《高中精学巧练丛书》继往开来,再出新版。本丛书的各分册编写者各展所长,各显其能,既有共性的渗透,又有个性的发挥。从编写思路到实例举证,文理各科基本上都自有特色。这些特色源自于在新的教学形势高考形势下致力于提高学生知识、能力、素质水平的我校第一线教师的智慧结晶,因而参考价值和操作导向随处可见其长。

本丛书杀青之际,正值学校最为繁忙之时,难免有斟酌不及、考量不周之处,还请广大读者提出批评建议,帮助我们做好今后的修订工作。谢谢!

上海市松江二中《高中精学巧练丛书》编委会

2007年7月

编写说明

2006年秋季开始,上海市高一物理教材已在原二期课改教材(试验本)的基础上进行了一些重要修订。为了与修订后的新教材配套,我们对原《高一物理(试验本)精要点拨与能力激活》一书内容也作了相应的调整、修改、补充,并分成第一、第二学期两个分册出版。

我们曾参加了上海市高中第一、第二期课程改革试点的全过程,积累了较丰富的教改实践经验,尤其是对二期课改新教材的试验本及其修订后的试用本所体现的改革思路有较深的理解。为了进一步贯彻培养学生的创新精神和实践能力,我们组织了一些具有丰富实践经验的教师编写了本书。本书的基本特点是:

一、章节安排与二期课改教材基本一致,便于教师和学生在学习中同步地参考使用。

二、根据“能力立意”的编写宗旨,在选材和编写中,对信息获取能力,分析推理能力,综合思维能力,信息转移和发散思维能力的要求进行细化和强化,设置了“本节学习要求”“学习导引”“范例解析”“拓展联想”和“训练与应用”等板块。

【本节学习要求】简要介绍根据大纲确定的本节知识内容、能力要求以及学习水平的级别,A级为“知道”,B级为“理解”,C级为“掌握”,D级为“应用”。

【学习导引】对本节的学习方法进行指导,启发引导学生更快地突破难点,掌握规律,更好地培养理解分析和思维能力。

【范例解析】选编对理解掌握基本概念有透析作用或在应用中有“举一反三”意义的例题,帮助学生跳出题海,提高学习效率和解决实际问题的能力。

【拓展联想】本板块的选编要求是源于教材,适当延伸,注重创新能力的培养,从知识内容和能力要求的角度,为学生展开更宽广的视野,给学有余力的学生提供一块新的发展天地。

【训练与应用】从基本概念的巩固和规律的应用着眼,精选各种类型的习题,特别是加强信息获取,情景分析,教学应用以及归纳综合和发散思维等能力培养的习题。

希望本书对高中学生在物理知识的理解、掌握,物理科学方法和能力的培养上有较大的帮助,对物理教师在教学中能提供相应的参考。

参加本书编写的教师有瞿俊杰、陶世聪、朱红兵等。

书中若有疏漏之处,敬请批评指正。

上海市松江二中物理教研组

2007.7.

目 录

第四章 周期运动	1
第一节 匀速圆周运动	1
第二节 角速度与线速度的关系	5
第三节 向心力 向心加速度	9
第四节 万有引力定律 人造卫星	19
第四章第一、二、三、四节单元自测题	26
第五节 机械振动	29
第六节 机械波的产生	35
第七节 波的描述	39
第四章第五、六、七节单元自测题	46
第五章 机械能	50
第一节 功	50
第二节 功率	55
第三节 动能	61
第四节 重力做功 重力势能	66
第五节 功和能量变化的关系	73
第六节 机械能守恒	82
第五章单元自测题	92
第四、五章综合测试题	96
第六章 分子和气体定律	101
第一节 分子 阿伏加德罗常数	101
第二节 气体的压强和体积的关系	105
第三节 气体的压强和温度的关系	112
第四节 压缩气体的应用	121
第六章单元自测题	127
第二学期期末测试题	133
参考答案	138



第四章 周期运动

周期运动是比直线运动更为复杂的运动,也是自然界中广泛存在的运动。本章在学习直线运动和牛顿定律的基础上,进一步学习圆周运动、振动、波等机械运动。这些内容是前三章内容的拓展与深化,也能对运动学和牛顿运动定律知识起到复习巩固的作用,同时还为下一章从能量角度理解机械运动打下基础。本章把三种周期运动整合在一起,有利于帮助学生理解、掌握周期运动的共性,其内容都是围绕周期运动的周期性、周期运动的描述、描述周期运动的物理量间的关系这三个要点来展开的;但要特别注意不同的运动在运动特点、受力分析等方面的本质区别。另外,圆周运动中向心加速度、向心力以及万有引力、人造卫星等内容是高中物理的重点内容,在拓展教材中将会重点介绍,为此在本章最后安排的专题内容中将给学生们作初步介绍,以帮助有兴趣、特别是有可能向理科方向发展的学生打好基础。

第一节 匀速圆周运动

匀速圆周运动是比较简单的周期运动,通过对匀速圆周运动的学习,使我们对周期运动研究的基本方法有初步的了解。圆周运动是曲线运动,通过本节学习,还可以了解曲线运动研究的基本方法。

【本节学习要求、重点和难点】

1. 理解圆周运动与直线运动的区别,理解质点做圆周运动的条件,知道向心力的作用;理解线速度和角速度是从不同侧面描述圆周运动快慢的物理量,理解它们的定义式,记住它们的符号和单位,并能完成简单的计算;理解匀速圆周运动的特征。

2. 通过对月球、地球运动快慢的讨论,进一步感受用相同时间内运动的位移和圆周运动半径转过的角度描述快慢的方法。

3. 通过生产、生活中广泛存在的圆周运动,体验生活中处处有物理。

本节重点是质点做匀速圆周运动的条件、线速度和角速度的概念及计算。难点是向心力的作用,对角速度与线速度概念的深入理解。

【学习导引】

1. 圆周运动是曲线运动的一种。曲线运动与直线运动的显著区别是它的速度方向时刻在改变。在砂轮上磨刀具时,可以看到刀具与砂轮接触处有火星沿砂轮的切线方向飞出,如图 4-1 所示。下雨时如我们转动伞面,当伞面上的雨水从伞边缘飞出时,可看到水滴是沿伞边缘各点所画的圆周的切线方向飞出的。

从这些实例可知,曲线运动中质点的速度方向是时刻在改变的,质点在某一点或某一时刻

刻的即时速度方向与曲线在这一点切线方向一致,如图4-2所示。

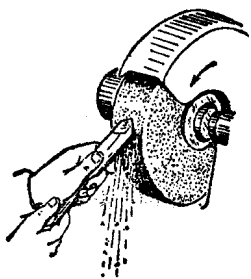


图4-1

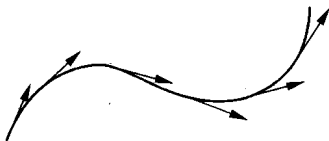


图4-2

2. 因为做曲线运动的物体速度方向时刻在变化,所以速度时刻在变化,这样,物体一定有加速度。根据牛顿第二定律,物体一定受到了外力(合外力)的作用。在直线加速运动中,合外力方向与物体运动方向在一条直线上,产生的加速度也在这条直线上,这时物体速度大小改变但方向不变,所以物体就沿这条直线做直线运动。如果合外力方向与速度方向不在一条直线上,而是成一角度,如图4-3所示,这时合外力 F 分解出与速度方向成一直线的分力 $F_{\text{切}}$ 改变速度的大小,而与速度方向垂直的分力 $F_{\text{法}}$ 改变速度的方向。水平抛出一物体,由于所受的重力与速度方向不在一条直线上,如图4-4所示,所以物体必做曲线运动,这就是最常见的也是比较简单的平抛运动。平抛运动是高中物理的基本内容,在拓展教材中会重点介绍。

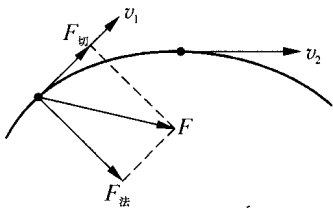


图4-3

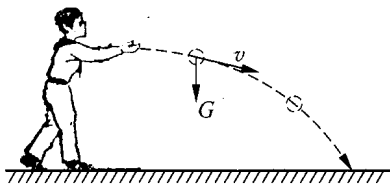


图4-4

由以上分析可得出以下重要结论:物体做直线运动的条件是:物体不受力或受力方向与物体速度方向在同一直线上,物体做曲线运动的条件是:物体必受力,受力的方向与物体速度不在一条直线上。还要指出:无论力的大小是否变化,只要力的方向总是与物体运动方向在同一直线上,物体就做直线运动,所以直线运动可能是匀变速的(加速度大小、方向都不变),如自由落体运动,也可能是变加速的(加速度大小变化,方向不变),如本章教材中第3节介绍的弹簧振子的振动。另一方面,只要力方向与运动方向不在一条直线上,无论力是恒力还是变力,物体必做曲线运动,如前面介绍的平抛运动,由于物体抛出后只受重力,而重力大小、方向不变,所以平抛运动是加速度为 g 的匀变速曲线运动,但也有可能是变加速曲线运动,典型的实例就是本节介绍的圆周运动。

3. 匀速圆周运动也是最常见和最简单的曲线运动,所以物体必受外力,而且外力方向与速度方向不在一直线上。因为物体做匀速圆周运动时速度大小不变,所以物体所受的外力(合外力)在沿速度方向(与物体在此位置的切线方向)的分力为零,这样物体所受的外力总是与速度方向垂直,即总是指向圆周运动的圆心,这样能不断改变速度方向,方向始终指向圆心的力叫向心力。向心力是按照效果命名的力,它可能是一个力,也可能

是几个力的合力,如人造卫星绕地球做匀速圆周运动所需的向心力是由地球对卫星的万有引力提供的;在光滑碗内侧做匀速圆周运动的小球所需的向心力是球受到的碗对球的支持力和球本身重力的合力。在本节的【拓展联想】中对向心力、向心加速度会作较详细的介绍。

4. 在圆周运动中,线速度就是运动质点沿圆周方向的即时速度,是矢量。线速度大小的计算公式是 $v = \frac{s}{t}$, 单位: m/s。公式中的 s 为质点在时间 t 内通过的圆弧长。线速度的大小可以是定值,也可以是变值。线速度的方向沿着圆周的切线方向时刻变化。圆周运动的线速度是时刻变化的,所以圆周运动是一种变速运动。

5. 质点沿着圆周运动,如果在相等的时间里通过的圆弧长相等,这种运动叫做匀速圆周运动。所以匀速圆周运动的线速度大小是定值,但方向时刻沿着圆周切线方向,时刻变化。所以匀速圆周运动是一种变速运动,实际上是匀速率圆周运动,习惯上称为匀速圆周运动。

6. 线速度大小不是定值的圆周运动不是匀速圆周运动。例如,用细绳拴着一小球在竖直平面内做圆周运动,杂技节目中的“水流星”运动、游乐场中的“过山车”运动,这些在竖直平面内的圆周运动是变速圆周运动。

在现实生活和工农业生产中,常看到的利用皮带传动、利用链条传动、利用摩擦传动中的大小轮子,边缘各质点的线速度大小都相同。

7. 角速度大小的计算公式是: $\omega = \frac{\varphi}{t}$ 。单位: rad/s。 φ 为连接质点与圆心的半径在 t 时间内转过的角度。质点做匀速圆周运动时,角速度大小为定值。同一转动体上的各质点都在做圆周运动,各质点的角速度大小是相同的。如果角速度越大,做圆周运动的质点绕圆心运动就越快,这可以由公式 $v = \omega r$ 来理解。

【范例解析】

1. 溜冰运动员绕着半径为 20 m 的圆周做匀速圆周运动。若转一周需时间 4 s, 则溜冰运动员(可看成质点)的线速度、角速度各多大?

解析: 根据线速度、角速度的定义式得:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{t} = \frac{2 \times 3.14 \times 20}{4} = 31.4 (\text{m/s})$$

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{t} = \frac{2 \times 3.14}{4} = 1.57 (\text{rad/s})$$

2. A, B 两质点分别做匀速圆周运动。如果在相同的时间内它们通过的弧长之比为 $s_A : s_B = 2 : 3$, 它们与圆心的连线转过的角度之比 $\varphi_A : \varphi_B = 3 : 2$ 。问: 它们的线速度之比、角速度之比、圆周的半径之比各为多大?

解析:

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{s_A/t}{s_B/t} = \frac{s_A}{s_B} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{\varphi_A/t}{\varphi_B/t} = \frac{\varphi_A}{\varphi_B} = \frac{3}{2}$$

根据数学知识,圆弧长为角度和半径的乘积,所以

$$\frac{s_A}{s_B} = \frac{r_A \varphi_A}{r_B \varphi_B} \quad \text{得出} \quad \frac{r_A}{r_B} = \frac{4}{9}$$

【训练与应用】

1. 沿圆周运动的质点,在相等时间内通过的_____相等,这种运动叫做匀速圆周运动。匀速圆周运动的线速度大小的定义式是_____。线速度大小是_____的(填不变或变化),线速度的方向是沿圆周的_____方向而时刻_____ (填变化或不变)。

2. 质点做圆周运动时角速度大小的定义式是_____,单位是_____。匀速圆周运动的角速度大小是_____的(填不变或变化)。

3. 如图 4-5 所示,甲乙两人在跑道上以恒定步伐跑步,甲沿着半径为 12 m 的圆形跑道跑步,乙沿着半径为 15 m 的圆形跑道跑步,则:

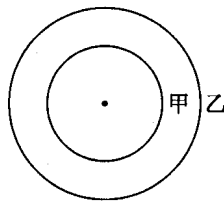


图 4-5

(1) 甲用 10 s 跑完一圈,乙用 12 s 跑完一圈,甲乙两人线速度之比为_____,角速度之比为_____。

(2) 如果两人同时跑完一圈,两人角速度之比为_____,线速度之比为_____。

(3) 如果甲、乙两人的线速度之比为 $\frac{3}{5}$, 则甲跑完半圈的时间内,乙跑过的圆弧长为_____ m,乙与圆心连线的半径转过的角度为_____ rad。

4. 飞轮直径为 40 cm,每秒转 2 圈,则飞轮边缘上一点 A 的线速度为_____ m/s,角速度为_____ rad/s,离飞轮转轴中心 10 cm 处 B 点的线速度为_____ m/s,角速度为_____ rad/s。

5. 一台准确运行的电钟,它的时针、分针、秒针都在做匀速转动,则分针的角速度是时针的_____倍,秒针的角速度是分针的_____倍。

6. 一质点沿半径为 r 的圆周运动了四分之一周,走过的路程为_____,发生的位移为_____。

7. 如图 4-6 所示,通过皮带传动的两个轮子,半径 $r_1 < r_2$, 则 v_A _____ v_B _____ v_C ; ω_B _____ ω_C 。(填“>”或“<”或“=”)

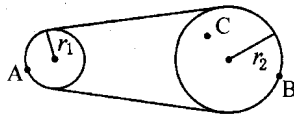


图 4-6

8. 关于质点做圆周运动时,下列说法中正确的是 ()

- (A) 质点通过的圆弧长越长,线速度也越大。
- (B) 质点所在半径转过的角度越大,角速度也越大。
- (C) 线速度越大,质点通过的圆弧长也越长。
- (D) 在单位时间内,质点所在半径转过的角度越大,角速度也越大。

9. 质点做匀速圆周运动时,下列说法中正确的是 ()

- (A) 是一种匀速运动。
- (B) 是一种变速运动。
- (C) 角速度大小保持不变。
- (D) 质点处于平衡状态。

10. 电风扇在启动过程中,叶片转动逐渐变快,则下面说法中正确的是 ()

- (A) 叶片上各质点都在做圆周运动。
- (B) 叶片上各质点都在做匀速圆周运动。
- (C) 叶片上各质点的线速度都相同。
- (D) 叶片上各质点的角速度逐渐变大。

第二节 角速度与线速度的关系

除了线速度、角速度是描述质点做圆周运动的快慢之外,还有周期、转速也可以描述质点做圆周运动的快慢。它们之间存在一定的关系。

【本节学习要求、重点和难点】

1. 理解线速度和角速度的关系,会根据线速度、角速度、周期、转速间的关系进行相应的计算。
 2. 通过对自行车运动的探究活动,认识科学探究中观察、测量、分析、计算等基本方法和步骤。
 3. 通过对自行车运动的探究活动提高认真、周密的科学品质,养成合作交流的良好习惯。
- 本节重点是掌握描述圆周运动各物理量如线速度、角速度、周期、转速的意义及相互间的关系。难点是转动过程中不同部件的线速度、角速度的计算以及探究学习的方法和步骤。
- 本节学习水平为B级。

【学习导引】

1. 质点做匀速圆周运动时沿着圆周运动一周所用的时间叫做周期,用符号 T 表示。周期越短,质点绕圆周的运动越快。刚性物体匀速转动时,物体上各质点均以转轴为中心做半径不同的匀速圆周运动,各质点的线速度大小不一定相同,但各质点的周期必相同。
2. 做匀速圆周运动的物体每秒转动的周数,称为转速。用符号 n 表示。转速在技术上或机器铭牌上常用转/分(r/min)为单位表示。但在解题中必须化为转/秒(r/s)。
3. 线速度、角速度、周期、转速之间的关系:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{T}, \omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T}, \text{故 } v = \omega r$$

$$T = \frac{2\pi r}{v}, n = \frac{\omega}{2\pi}, n = \frac{1}{T}$$

【范例解析】

1. 如图4-7所示,小轮通过皮带带动大轮转动。已知小轮半径为10 cm,转速为1 800 r/min;大轮半径为20 cm,问:

(1) 小轮边缘上A点的 T_A 、 ω_A 、 v_A 各多大?

(2) 大轮边缘上B点的 T_B 、 ω_B 、 v_B 各多大? 转速 n_B 多大?

(3) 大轮半径上一点C,距离转轴10 cm, C点的 T_C 、 ω_C 、 v_C 、 n_C 又各是多大?

解析: 同一转动体上各质点的 T 、 ω 都相同,故

$$\omega_B = \omega_C, T_B = T_C, n_B = n_C$$

通过皮带传动,故大小轮边缘各质点的线速度大小相同,即

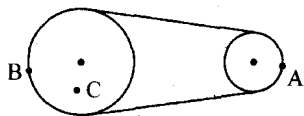


图4-7

$$v_A = v_B$$

$$(1) \quad n_A = 1800 \text{ r/min} = 30 \text{ r/s}$$

$$T_A = \frac{1}{n_A} = \frac{1}{30} (\text{s})$$

$$\omega_A = 2\pi n_A = 2 \times 3.14 \times 30 = 188.4 (\text{rad/s})$$

$$v_A = r_A \omega_A = 188.4 \times 0.1 = 18.84 (\text{m/s})$$

$$(2) \quad v_A = v_B = 18.84 (\text{m/s})$$

$$r_A \omega_A = r_B \omega_B \quad \frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{r_B}{r_A} = \frac{2}{1}$$

$$\omega_B = \frac{1}{2} \omega_A = 92.4 (\text{rad/s})$$

$$T_B = 2T_A = \frac{1}{15} (\text{s})$$

$$\text{又} \quad \frac{T_A}{T_B} = \frac{2\pi/\omega_A}{2\pi/\omega_B} = \frac{\omega_B}{\omega_A} = \frac{1}{2} \quad \text{得}$$

$$n_B = \frac{1}{T_B} = 15 (\text{r/s})$$

$$(3) \quad \omega_B = \omega_C = 94.2 (\text{rad/s})$$

$$n_B = n_C = 15 (\text{r/s})$$

$$T_B = T_C = \frac{1}{15} (\text{s})$$

$$v_C = \omega_C r_C = 94.2 \times 0.1 = 9.42 (\text{m/s})$$

2. 关于匀速圆周运动,下列说法中正确的是

()

(A) 线速度较大的,角速度一定也较大。

(B) 角速度较大的,线速度一定也较大。

(C) 角速度越大的,周期一定越小。

(D) 半径越大的,线速度一定也越大。

解析:根据 $v = r\omega$, 线速度的大小与角速度、半径都有密切关系。例如一大人以 5 m/s

的速度沿半径为 30 m 的圆形跑道跑步,跑了一圈,需时间为 $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \times 3.14 \times 30}{5} =$

37.7(s)。一小孩以 2 m/s 的速度沿半径为 10 m 的圆形跑道跑步,跑了一圈,需时间为 $T' =$

$\frac{2\pi r'}{v'} = \frac{2 \times 3.14 \times 10}{2} = 31.4(\text{s})$ 。根据 $\omega = \frac{2\pi}{T}$, 显然小孩的线速度较小,但角速度较大,故

A、B 错误。根据 $T = \frac{2\pi}{\omega}$, 角速度越大,周期 T 必越小,故 C 正确。因为线速度大小不但与

半径有关,而且与角速度有关,若半径较大,但角速度很小,线速度可能较小,所以 D 错。但同一转动物体上的各质点,角速度相同,所以离转轴越远的质点的线速度越大,离转轴距离相同的质点,即所在圆周半径相同,线速度大小就相同。

3. 拖拉机匀速行驶时,若前轮半径为 0.3 m,后轮半径为 0.5 m,则

(1) 前后轮边缘质点转动的线速度之比多大?

(2) 前后轮转动的角速度之比多大?

(3) 前后轮转动的周期之比多大?

(4) 若后轮在发动机带动下转动的转速为 90 r/min,则拖拉机前进的速度多大? 前轮

的角速度多大?

解析:此题与【范例解析】1相似。前后轮边缘质点的线速度大小相同。

$$(1) v_{\text{前}} : v_{\text{后}} = 1 : 1$$

$$(2) \text{因为 } v = r\omega, \text{ 所以 } \omega_{\text{前}} r_{\text{前}} = \omega_{\text{后}} r_{\text{后}}$$

$$\text{所以 } \frac{\omega_{\text{前}}}{\omega_{\text{后}}} = \frac{r_{\text{后}}}{r_{\text{前}}} = \frac{0.5}{0.3} = 5 : 3$$

$$(3) \text{因为 } T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{所以 } \frac{T_{\text{前}}}{T_{\text{后}}} = \frac{2\pi/\omega_{\text{前}}}{2\pi/\omega_{\text{后}}} = \frac{\omega_{\text{后}}}{\omega_{\text{前}}} = \frac{3}{5}$$

$$(4) n_{\text{后}} = 90 \text{ r/min} = 1.5 \text{ r/s}$$

$$\omega_{\text{后}} = 2\pi n_{\text{后}} = 2 \times 3.14 \times 1.5 = 9.42 \text{ (rad/s)}$$

拖拉机前进的速度即为后轮的线速度,故

$$v_{\text{后}} = r_{\text{后}} \omega_{\text{后}} = 0.5 \times 9.42 = 4.71 \text{ (m/s)}$$

因为前后轮子边缘线速度的大小相等,故 $v_{\text{前}} = v_{\text{后}} = 4.71 \text{ (m/s)}$

$$\text{所以 } \omega_{\text{前}} = \frac{v_{\text{前}}}{r_{\text{线}}} = \frac{4.71}{0.3} = 15.7 \text{ (rad/s)}$$

4. 如图 4-8 所示,一自行车上连接脚踏板的连杆长 R_1 ,由脚踏板带动半径为 r_1 的大齿盘,通过链条与半径为 r_2 的后轮齿盘连接,带动半径为 R_2 的后轮转动。

(1) 分析脚踏板、大齿盘、后轮齿盘、后轮边缘的角速度、线速度、周期、转速之间的关系。

(2) (拓展)若脚踏板转一周,自行车前进距离多大?

解析:(1) 设大齿盘的角速度为 ω_1 , 转速为 n_1 , 齿数为 z_1 , 后轮小齿盘的角速度为 ω_2 , 转速为 n_2 , 齿数为 z_2 , 由于大齿盘与后轮小齿盘通过链条传动, 所以大小齿盘边缘的线速度大小相等。而大小齿盘的齿数与圆周长成正比, 所以大小齿盘的齿数与半径成正比。

$$\text{所以 } r_1 \omega_1 = r_2 \omega_2 \quad \text{又 } \omega = 2\pi n, T = \frac{1}{n}$$

$$\text{所以 } r_1 2\pi n_1 = r_2 2\pi n_2 \quad \text{所以 } \frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

由于脚踏板与大齿盘是连接在同一转轴上, 所以脚踏板与大齿盘的角速度、周期均相同, 均等于 ω_1 和 T_1 。

由于后轮的齿盘与后轮安装在同一转轴上, 所以后轮小齿盘与后轮的角速度、周期均相同, 均等于 ω_2 和 T_2 。脚踏板的线速度为 $R_1 \omega_1$, 大齿盘边缘的线速度为 $v_1 = r_1 \omega_1$, 后轮边缘的线速度为 $R_2 \omega_2$, 后轮小齿盘的线速度 $v_2 = v_1$ 。

$$(2) \text{因为 } \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad \text{所以后轮 } n_2 = \frac{z_1}{z_2} n_1$$

脚踏板转一周, 即 $n_1 = 1$ 时后轮转动的周数等于后轮小齿盘转动的周数: $n_2 = \frac{z_1}{z_2}$ 。故自行

车前进距离为 $\frac{z_1}{z_2} \cdot 2\pi R_2$ 。

【训练与应用】

1. 质点做匀速圆周运动时沿着圆周运动一周 _____ 叫做圆周运动的周期。用符号

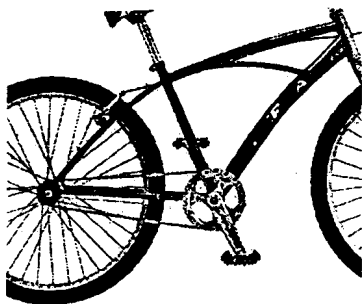


图 4-8

表示。单位是____。周期越短,质点绕圆心运动越____。周期与线速度、角速度的关系是____、____。

2. 做匀速圆周运动的物体每秒转动的____称为转速。用符号____表示。单位是____。转速与线速度、角速度、周期的关系是:____,____,____。

3. 物体发生转动时,其上各点都在做____运动,而且各点的____、____、____都相同。但各点的____不一定相同,只有距圆心距离相等的各点____相同。在同一个转动物体上,各点的____与半径成正比。

4. 飞轮直径为 40 cm,每分钟转 120 圈,则飞轮边缘上一点的线速度为____ m/s。角速度为____ rad/s,周期为____ s。

5. 甲、乙两人在圆形跑道上以恒定大小的速度跑步。甲、乙两人的速率之比为 5:2,角速度之比为 2:3,则甲、乙两人所在圆形跑道的半径之比为____,周期之比为____,转速之比为____。

6. 一台准确运行的电钟,若分针长度是时针的 1.5 倍,则分针端点的线速度是时针端点的____倍。

7. 质点做匀速圆周运动时,不发生变化的物理量是 ()

(A) 周期。 (B) 线速度。 (C) 角速度。 (D) 转速。

8. 如图 4-9 所示为一绕 O 轴作匀速转动的砂轮,A、B、C 为砂轮上的三个质点,且 $CO = \frac{1}{2}BO = \frac{1}{3}AO$,在下列说法中,正确的是 ()

- (A) A、B、C 三质点都在做匀速圆周运动。
 (B) A、B、C 三质点的角速度之比为 $\omega_A : \omega_B : \omega_C = 3 : 2 : 1$ 。
 (C) A、B、C 三质点的线速度之比为 $v_A : v_B : v_C = 3 : 2 : 1$ 。
 (D) A、B、C 三质点的周期之比为 $T_A : T_B : T_C = 3 : 2 : 1$ 。

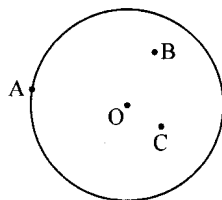


图 4-9

9. 如图 4-10 所示为一皮带传动装置。右轮的半径为 r , a 是它的边缘上的一点,左侧是一轮轴,大轮的半径为 $4r$,小轮的半径为 $2r$, b 在小轮上,距小轮中心的距离为 r , c 点和 d 点分别位于小轮和大轮的边缘上。若在转动过程中,皮带不打滑,则 ()

- (A) a 与 b 点的线速度大小相等。
 (B) a 与 b 点的角速度大小相等。
 (C) a 与 c 点的线速度大小相等。
 (D) b 与 d 点的角速度大小相等。

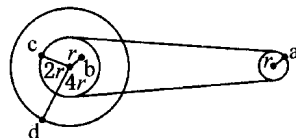


图 4-10

10. 电风扇在启动过程中,叶片转动逐渐变快,则下面说法中正确的是 ()

- (A) 叶片上各点的角速度逐渐变大。 (B) 叶片上各点的线速度逐渐变大。
 (C) 叶片上各点的周期逐渐变大。 (D) 叶片上各点的转速逐渐变大。

11. 如图 4-11 所示,大轮半径为 $2r$, A 为大轮边缘上的一质点。C 为大轮上的一质点,距大轮转轴距离为 r 。B 为小轮边缘上一质点,小轮半径为 r ,它们通过皮带传动,皮带不打滑,则在传动过程中,下面式子中正确的是 ()

- (A) $v_B = v_C$ 。 (B) $v_B = 2v_C$ 。
 (C) $\omega_A = 2\omega_B$ 。 (D) $n_B = 2n_A$ 。

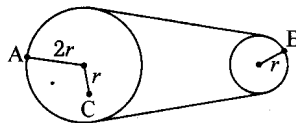


图 4-11

12. 如图 4-12 所示, 一根长为 l 的轻质细绳拴着小球在水平面内做匀速圆周运动。若小球做匀速圆周运动的角速度为 ω , 细绳偏离竖直方向的夹角为 θ , 则下列关系中正确的是 ()。

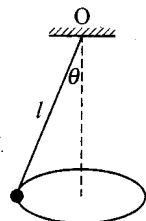


图 4-12

- (A) 小球的线速度大小为 $v = l\omega$ 。
 (B) 小球的转速 $n = \frac{2\pi}{\omega}$ 。
 (C) 小球的周期 $T = \frac{\omega}{2\pi}$ 。
 (D) 小球线速度的大小为 $v = \omega l \sin \theta$ 。

13. 如图 4-13 所示, 一自行车上连接踏脚板的连杆长 $R_1 = 20 \text{ cm}$, 由踏脚板带动半径为 $r_1 = 10 \text{ cm}$ 的大齿盘, 通过链条与半径为 $r_2 = 4 \text{ cm}$ 的后轮小齿盘连接, 带动半径为 $R_2 = 33 \text{ cm}$ 的后轮转动。如果脚踏以每分钟 30 转匀速转动时, 则:

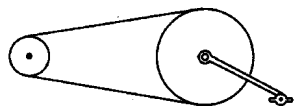


图 4-13

- (1) 脚蹬踏脚板的角速度多大?
 (2) 链条传动速度多大?
 (3) 后轮转动的转速是每分钟多少周?
 (4) 自行车前进的速度多大?

14. 上题中, 若已知大齿盘的齿数是 48, 后轮小齿盘的齿数是 24, 而大小齿盘的半径未知, 其他条件不变, 则自行车前进的速度又为多大?

第三节 向心力 向心加速度

匀速圆周运动是一种变速运动, 做匀速圆周运动的物体必然受到一种迫使它不断改变运动方向的力, 即向心力。根据牛顿第二定律可求得向心加速度。

【本节学习要求、重点和难点】

1. 了解向心力、向心加速度的概念, 能进行简单的计算。
2. 了解“向心力与哪些因素有关”的实例, 并能作简要的推理解释。

本节的重点是熟悉和了解向心力公式和向心加速度公式。

本节的难点是理解质点所受向心力仅改变质点运动方向, 不改变质点运动快慢。向心加速度反映运动方向变化的快慢。

本节内容在拓展教学要求方面是 B 级。

向心力和向心加速度是研究物体做圆周运动时力和运动关系的最重要的物理量。它们在高中物理教学中既是重点也是难点。为了帮助同学们在高一学习时对这些知识有一定了解, 从而为今后学习掌握这些知识打下基础, 本节对向心力和向心加速度作初步

的介绍。

本节十分适合对理科学习有较高要求的同学作拓展自学的参考,也可供教师作物理兴趣辅导活动时的参考。

【学习导引】

1. 用手通过一根细绳拉一个质量较大的铁球在光滑水平面上做匀速圆周运动时,在同样半径的条件下,小球线速度的大小或角速度越大,手通过绳对球的拉力也要越大。这说明在半径相同的条件下,质点的线速度、角速度越大,所需的向心力也越大。

我们骑自行车转弯或跑步转弯时,在速度大小保持不变的情况下会感到转弯半径越小,车或人就要向转弯的内侧倾斜得越厉害。这说明在线速度大小和角速度相同的条件下,半径越小,所需的向心力反而越大。

用同样长度的绳拉一个质量较小的木球或一个质量较大的铁球以相同的线速度或角速度在水平方向做匀速圆周运动,很明显拉铁球时拉力要大一些,这说明在半径和线速度、角速度相同的条件下,物体质量越大,所需的向心力也越大。

用专门的实验装置做实验或用数学推导都可以得出向心力 F 与运动物体质量 m 、线速度 v 、角速度 ω 以及半径 r 的关系为:

$$F = m \frac{v^2}{r} \text{ 或 } F = m r \omega^2$$

2. 根据牛顿第二定律 $F = ma$ 可推出与向心力对应的向心加速度的计算公式为:

$$a = \frac{v^2}{r} \text{ 或 } a = r \omega^2$$

3. 向心力是根据力的作用效果而命名的,它是做匀速圆周运动的物体所受到的所有外力的合力,决不能认为是所有外力之外的另一个单独存在的力。

4. 不是因为物体做圆周运动才产生向心力,而是由于向心力存在,才迫使物体不断地改变其速度方向做圆周运动。它的效果是产生向心加速度。所以物体做匀速圆周运动必须具备两个条件:一是物体具有一定的初速度,二是物体受到方向始终沿着圆周半径指向圆心的向心力的作用。

5. 在匀速圆周运动中,向心力是变力,不是恒力。向心力大小不变,方向始终与速度方向垂直,所以向心力只改变速度方向,不改变速度大小。

6. 在匀速圆周运动中,向心加速度是变量,不是恒量。向心加速度大小不变,但方向始终沿着圆周半径指向圆心,所以向心加速度是时刻变化的。因此匀速圆周运动既不是匀速运动,也不是匀变速运动,是一种变加速运动。因为向心加速度方向始终与速度方向垂直,只改变速度方向,不改变速度大小,所以匀速圆周运动的向心加速度是仅仅描述速度方向改变快慢的物理量。

【范例解析】

1. 如图 4-14 所示为自行车传动部分的示意图,连接踏脚板的连杆长 $R_1 = 25 \text{ cm}$,由踏脚板带动半径 $r_1 = 10 \text{ cm}$ 的大齿盘,通过链条与半径 $r_2 = 4 \text{ cm}$ 的后轮小齿盘连接,带动半径为 $R_2 = 30 \text{ cm}$ 的后轮。踏脚板 A 可视为质点, B 为大齿盘边缘上一点, C 为后轮边缘