

全国特级教师专家组 审定  
田亚洲 郭晓夕 主编

PK 高考

专项冲击波

# 高考物理模型突围

化繁为简，灵活应用

全新的理念，快捷的方法

助考生模型突围，决胜高考

中国青年出版社



全国特级教师专家组 审定  
田亚洲 郭晓夕 主编

PK 高考

专项冲击波

# 高考物理模型突围

丛书主编:程家学  
执行主编:曹福臣 韩宏远  
本册主编:田亚洲 郭晓夕  
本册副主编:郭建卫 韩德胜  
宋丽芝 刘晓颖

中国青年出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

PK 高考专项冲击波. 高考物理模型突围/田亚洲,郭晓夕主编. —北京:中国青年出版社,2007

ISBN 978-7-5006-7638-6

I. P... II. ①田... ②郭... III. 物理课—高中—升学参考资料  
IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 122413 号

责任编辑:李 杨

执行编辑:贾祥超

版式设计:胥娟娟

封面设计:峥 嵘

中国青年出版社 出版发行

社址:北京东四 12 条 21 号 邮政编码:100708

网址:www.cyp.com.cn

编辑部电话:(010)64007781

北京中青人出版物发行有限公司电话:(010)64017809

北京昌平百善印刷厂印刷 新华书店经销

\*

880×1230 1/32 9.75 印张 200 千字

2008 年 9 月北京第 2 版 2008 年 9 月第 2 次印刷

印数:10001—15000 册 定价:15.00 元

本图书如有印装质量问题,请与读者服务部联系调换

联系电话:(010)82795026 82795036

高中物理教材不同于初中教材，前者是在后者的基础上引导学生由形象思维向抽象思维发展，从而使学生的思维产生一个质的飞跃。所以在高中物理的学习过程中研究的大多数对象是一些物理模型，这些物理模型既源于实践，又高于实践，在我们的生活、生产、科技领域中带有普遍的共性特征，具有一定的抽象概括性。

正因为如此，学生普遍感觉高中物理难学：听听还懂，解决实际问题就困难。关键在于他们还是习惯于初中的那种形象思维方式，只会记概念、规律的静态结论，而不重视得出结论的发展过程，只会照葫芦画瓢，模仿性地解决一些简单的物理问题，而不善于通过观察分析，提炼出现实情景的物理模型，而后纳入到相关的知识体系中去加以处理，最后得到问题的解决。为了便于深入认识，以下对物理模型做简单介绍。

### 一、物理模型的建立

物理模型是人们通过科学思维对物理世界中原物的抽象描述，按照物理科学研究的特定目标，用物质形式或思维形式对原型客体本质关系的再现。人们通过对物理模型的认识与研究，能够更加形象、深刻地获取原型客体的知识及其在自然界中运动变化的规律，能够更加清晰、简捷地分析、处理并流畅地解决一些实际问题。

中学物理中的物体、概念、公式、定理、定律等，都是在一定理想化模型下抽象和推导出来的。随着科学的发展，物理模型也随之发展。可以说，整个物理学的发展实际上就是物理模型的不断建立、应用、变化、移植和更新的过程。因此，了解并掌握物理模型方法，对学习、理解物理知识并解决实际问题是非常必要的。

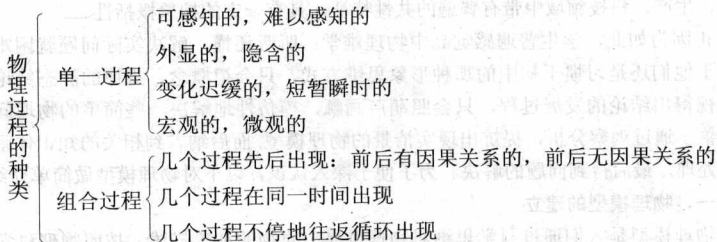
### 二、物理模型的主要功能

1. 可以使实际问题的处理大为简化而又不会发生大的偏差，从而较为方便地得到物体运动的基本规律。
2. 对已知模型的结论稍加修正或移植，就可以对实际问题进行类比分析、概括、改造、探究、创新。
3. 有助于对客观物理世界的真实认识，达到认识世界、改造世界、为人类服务的目的。例如伽利略利用理想斜面实验否定了亚里士多德的“外力是维持物体运动的原因”的观点。

### 三、物理模型分类

1. 参与物。参与物是指参与所研究的物理现象的物理客体。由于实际发生的物理现象中参与的客体众多，影响因素繁杂，所以为了抓住现象的重要特征，往往舍弃次要因素，对所研究的物理客体进行简化，称之为建立物理模型。物理模型虽然是将实际物理客体理想化，但由于它经过了科学的抽象，因而能正确地反映客观物理现象。在中学物理中所涉及的“参与物”如下（这里所说的参与物并非参与物理现象的真实客体，而是经过抽象化的理想物理模型）：质点、轻绳、轻弹簧、轻杆、点电荷、理想气体等。

2. 物理过程。是指参与物在物理环境中的运动(变化历程)。其基本特征:第一,是对实际发生的运动(变化)的抽象或模拟,它来自于实际运动过程;第二,是人们对实际运动过程进行思维加工,抛弃非物理属性,抽象出纯物理属性,忽略次要因素,保留主要因素的理想化运动过程。



3. 物理过程中的各个状态。物理现象中任一物理过程都是由无数个连续的状态点依时间先后组合而成的。物理现象中有些状态是能用肉眼观察到的, 有些状态则要借助一些物理手段, 例如实验、绘图才可觉察到。但是还有不少物理状态, 要靠学生的想象才能建立图景。物理状态有: 平衡状态, 非平衡状态; 静态, 动态; 常态, 临界态等。学生在学习过程中难以把握的主要是动态、临界态等。

物理习题的设置是千变万化的, 但一般来说, 这些习题都已经是命题者依据某个物理模型, 创设出必要的物理情景, 给出已知量、隐含量, 进而提出需要求解的问题。因此, 对于学生来讲, 整个解题的过程就是在命题者设置的物理情景中, 充分考虑有用信息和已知条件, 从原有的认知结构中提取、抽象、深化已学过的物理模型来构建新的物理模型的过程。当它与命题者设计给出的物理模型一致时, 问题即可迎刃而解。

为了更加有效地帮助学生贯彻以上复习策略, 探寻物理模型题的解题之道, 我们精心编写了这本《专项冲击波——高考物理模型突围》, 对此类问题进行集中讲解。

本书从基本物理模型入手, 对各种模型辅以典型例题, 逐个讲解, 重点阐述模型之间的组合, 化繁为简, 总结规律。以全新的理念, 快捷的方法, 消除学生学习物理的畏难情绪, 帮助学生物理知识融会贯通。

为了紧扣重点, 本书精选例题, 克服了以大量习题进行简单重复训练的“广积粮”, 彻底告别题海战术; 摒弃了以繁、难、偏、怪题误导学生能力训练的“深挖洞”, 立足基础知识, 注重过程分析, 强化思维训练, 帮助学生构建清晰的知识体系, 理顺流畅的解题思路, 增强备考的实用性和有效性, 以提高学生的应试水平。

古人云: 授人以鱼, 只供一饭之需; 授人以渔, 则一生受用无穷。希望通过本书能让高一、高二学生对高中物理建立学习的基本框架, 让高三学生在尽可能短的时间内提高物理成绩, 信心百倍地迎接高考!

<b>模型全解</b> .....	<b>1</b>
<b>第一章 高中物理基本模型</b> .....	<b>1</b>
一 实体模型 .....	1
二 过程模型 .....	11
三 状态模型 .....	31
<b>第二章 高中物理常见复杂模型</b> .....	<b>47</b>
一 速度分解模型 .....	47
二 追及与相遇模型 .....	51
三 传送带模型 .....	56
四 机车启动模型 .....	63
五 子弹打木块模型 .....	67
六 碰撞模型 .....	73
七 人船运动模型 .....	78
八 连接体模型 .....	82
九 流体模型 .....	88
十 分子模型 .....	92
十一 平行板电容器模型 .....	95
十二 纯电阻电路和非纯电阻电路模型 .....	101
十三 滑动变阻器模型 .....	104
十四 电阻测量模型 .....	110
十五 远距离输电模型 .....	120
十六 速度选择器模型 .....	124

十七	质谱仪模型 .....	128
十八	回旋加速器模型 .....	132
十九	霍耳效应模型 .....	136
二十	电磁感应中的滑轨模型 .....	141
二十一	光电效应模型 .....	147
二十二	玻尔原子模型 .....	151
<b>第三章 高中物理中的动态模型 .....</b>		<b>155</b>
一	共点力作用下的动态平衡模型 .....	155
二	弹簧弹力作用下的动态运动模型 .....	161
三	天体运动动态模型 .....	164
四	安培力作用下的动态运动模型 .....	169
五	洛伦兹力作用下的动态运动模型 .....	175
六	变压器电路动态模型 .....	178
七	理想气体状态变化动态模型 .....	181
<b>第四章 高中物理常用数学模型 .....</b>		<b>186</b>
一	三角函数 .....	186
二	一元二次函数 .....	191
三	不等式 .....	194
<b>模型组合 .....</b>		<b>197</b>
第一章	直线运动相关模型的组合 .....	197
第二章	竖直平面内圆周运动与其他运动形式之间的组合 .....	205
第三章	碰撞模型组合 .....	210
第四章	带电粒子在场中运动模型的组合 .....	219
第五章	其他模型组合 .....	224
<b>答案与解析 .....</b>		<b>231</b>

# 模型全解

## 第一章 高中物理基本模型

一般来说,重要的物理理论的创立,都是在观察、实验和经验定律的基础上,运用抽象的方法形成基本概念,建立理想模型或实际抽象实验(理想实验),而后才有可能提出科学的假说,进而发展为科学理论。显然,建立理想模型在物理学中有着特别重要的意义,理想模型是对客观世界的近似反映,由于它只是反映原来实体中某些重要的功能和性质,突出了主要矛盾,因而具有认识上的抽象性和应用上的广泛性。现将高中物理涉及的理想化模型归纳如下。

高中物理理想化模型

- ① 实体理想化模型:质点、点电荷、弹簧振子、单摆、理想气体、点光源、光滑轨道、匀强电场、匀强磁场等
- ② 过程理想化模型:匀速直线运动、匀变速直线运动、平抛运动、类平抛运动、竖直平面内圆周运动、匀速圆周运动、简谐运动、无阻尼振荡等
- ③ 理想实验:惯性定律实验、检验电荷置于电场中(不改变原场分布)等
- ④ 理想结构化模型:原子核式结构、氢原子能级等
- ⑤ 形象化理想模型:电场线、磁场线、力作用线等

### 一 实体模型

#### 1. 质点

#### 模型解读

不考虑物体本身的形状和大小,并把质量看作集中在一点时,就可将这种物体看成“质点”。研究问题时用质点代替物体,可不考虑物体上各点之间运动状态的差别。它是力学中经过科学抽象得到的概念,是一个理想模型。可看成质点的物体往往并不很小,因此不能把它和微观粒子如电子等混同起来。若研究的问题不涉及转动或物体的大小跟问题中所涉及的距离相比较很微小时,即可将这个实际的物体抽象为质点。例如,在研究地球公转时,地球半径比日、地间的距离小得多,就可把地球看作质点,但研究地球自转时就不能把它当成质点。又如物体在平动时,内部各处的运动情况都



相同,就可把它看成质点.所以物体是否被视为质点,完全决定于所研究问题的性质.

### ◎ 典题实例

**典例** 关于质点的下列描述,正确的是 ( )

- A. 质量小的物体可看作质点
- B. 体积小物体可看作质点
- C. 在某些情况下,地球可以看作质点
- D. 做平动的物体肯定可以看作质点,做转动的物体肯定不可以看作质点

**[解析]** 研究一个物体的运动时,如果物体的形状和大小属于无关因素或次要因素,为使问题简化,就用一个有质量的点来代替物体,用来代替物体的有质量的点叫做质点.像这种突出主要因素,排除无关因素,忽略次要因素的研究问题的思想方法,即为理想化方法,质点即是一种理想化模型.

如果物体的大小和形状在所研究的问题中起的作用很小,能忽略不计,就可以把它当作质点.所以 A、B、D 错.当我们研究地球的公转时,由于地球的直径比地球和太阳之间的距离要小得多,可以忽略,这时可以把地球看作质点,但是研究地球的自转时,地球的大小和形状却不能忽略,就不能再把地球看作质点,所以 C 正确.

## 2. 点电荷

### ◎ 模型解读

点电荷并不是指非常小的电荷实体,而是在所讨论的问题中可以不考虑其大小和分布状况的带电体.例如,当带电体的线度在所讨论的问题中远小于其他距离和长度时,这时的电荷分布也可看作为点电荷.点电荷只是一个为讨论问题方便而引入的理想概念,这一点与研究力学时引入质点的概念相似.

### ◎ 典题实例

**典例** 两个半径均为  $R$  的金属球,分别带电  $q$  和  $-3q$ .当球心相距  $r=3R$  放置时,两球的相互作用力为  $F$ .若将两球接触后放回原来的位置,则两球之间的相互作用力大小为 ( )

- A.  $F$
- B. 等于  $\frac{1}{3}F$
- C. 大于  $\frac{1}{3}F$
- D. 小于  $\frac{1}{3}F$

**[解析]** 由于两球间的静电力的作用,金属球上的电荷分布不均匀,电荷的中心不位于球心.在相互接触前,异种电荷互相吸引,电荷中心的距离  $r_1$  小于  $3R$ .在相互接触后,两球平分中和后剩余的电荷量,均带电  $-q$ .由于同种电荷相互排斥,电荷中心的距离  $r_2$  大于  $3R$ .由于本题中带电荷体本身的大小跟它们之间的距离相差不多,这

样,带电体的形状和大小对相互作用力的影响不可忽略,所以不能把金属球视为点电荷而套用库仑定律求出静电力的具体数值.但我们仍可以运用库仑定律对两种情况下的静电力进行粗略的估算和比较:设接触后放回时的作用力为 $F'$ ,由库仑定律可知, $F > k \frac{3q^2}{r^2}$ ,  $F' < k \frac{q^2}{r^2}$ .所以, $F'$ 肯定小于 $\frac{1}{3}F$ .

点评:带电体能否视为点电荷,要根据带电体的大小、形状对静电力的影响情况具体分析.在本题的条件下,金属球的大小、形状对静电力的影响显然不能忽略.但若把两金属球间的距离由 $3R$ 增至 $100R$ ,那么,不考虑金属球的大小形状,认为电荷集中于一点(球心处),由此计算出的静电力与实际的相比就不会有多少偏差.反过来讲,如果在这种情况下还考虑金属球的形状、大小,无意义的追求精确,那就显得有点不适合了.

### 3. 弹簧振子

#### 模型解读

一种简谐振子,它的典型结构是由一个一端固定,质量可以忽略的轻弹簧和连在它另一端(自由端)的一个带孔而不易变形的小球,并将球穿在一根光滑的水平杆上组成,这样的以及与此类似的系统称为弹簧振子.如图1-1-1所示,当小球处于 $O$ 点时,所受外力

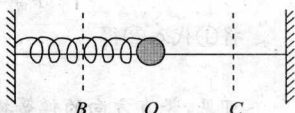


图1-1-1

的合力为零,弹簧没有形变,小球不受力,这点就是平衡位置.将小球从平衡位置 $O$ 向左拉到 $B$ ,然后释放,小球将沿杆左右振动起来,小球在振动过程中,它的重力和杆的支持力始终平衡.杆又很光滑,对小球的运动没有阻力(阻力可略而不计),对振动起作用的只是弹簧作用在小球上的弹力.当小球受外力作用被拉到 $O$ 点的右侧 $C$ 点时,对平衡位置的位移方向向右,则弹力方向向左;当小球运动到 $O$ 点左侧时,位移方向向左,而弹力方向却向右,可见这个弹力的方向总是跟小球对平衡位置的位移方向相反,指向平衡位置.显然这个弹力就是迫使小球振动的回复力.由胡克定律知弹簧提供的回复力 $F$ 的大小跟小球对平衡位置的位移 $x$ 成正比,这一关系式为

$$F = -kx$$

式中 $k$ 是弹簧的劲度系数,负号表示回复力与位移方向相反.弹簧振子的振动是简谐运动.它是一种理想化的模型.

#### (1) 简谐运动的判定

分析一个振动是否为简谐运动,关键是判断它的回复力是否满足其大小与位移成正比,方向总与位移方向相反.证明思路为:确定物体静止时的位置——即为平衡位置,判断振动物体在任一点受到的回复力是否满足 $F = -kx$ .还要知道 $F = -kx$ 中

的  $k$  是个比例系数,是由振动系统本身决定的,不仅仅是指弹簧的劲度系数。

### (2) 简谐运动中各参量的变化情况

分析振动过程中各物理量如何变化时,要与实际振动模型联系起来思考,并借助示意图进行过程分析。要以位移为桥梁理清各物理量间的关系:位移增大时,回复力、加速度、势能均增大,速度、动量、动能均减小;位移减小时,回复力、加速度、势能均减小,速度、动量、动能均增大。各矢量均在其值为零时改变方向,如速度、动量均在最大位移处改变方向,位移、回复力、加速度均在平衡位置改变方向。

## 典题实例

**典例 1** 试证明竖直方向的弹簧振子的振动是简谐运动。

**[解析]** 如图 1-1-2 所示,设振子的平衡位置为  $O$ ,向下为正方向,此时弹簧的形变为  $x_0$ ,根据胡克定律及平衡条件有

$$mg - kx_0 = 0 \quad ①$$

当振子向下偏离平衡位置的位移为  $x$  时,回复力(即合外力)为

$$F_{\text{回}} = mg - k(x + x_0) \quad ②$$

将①代入②得

$$F_{\text{回}} = -kx$$

可见,竖直方向的弹簧振子的振动符合简谐运动的条件。

**典例 2** 有一弹簧振子做简谐运动,则

- ( )
- A. 加速度最大时,速度最大      B. 速度最大时,位移最大  
C. 位移最大时,回复力最大      D. 回复力最大时,加速度最大

**[解析]** 振子加速度最大时,处在最大位移处,此时振子的速度为零,由  $F = -kx$  知道,此时振子所受回复力最大,所以选项 A 错, C、D 对;振子速度最大时,是经过平衡位置时,此时位移为零,所以选项 B 错。故正确选项为 C、D。

**典例 3** 一平台在竖直方向上做简谐运动,一物体置于其上一同振动,则有

- ( )
- A. 当平台振动到最低点时,物体对平台的正压力最大  
B. 当平台振动到最高点时,物体对平台的正压力最小  
C. 当平台向上振动经过平衡位置时,物体对平台的正压力最大  
D. 当平台向下振动经过平衡位置时,物体对平台的正压力最小

**[解析]** 平台在竖直方向做简谐运动,放在平台上的物体也在竖直方向上随平台一起做简谐运动,物体做简谐运动的回复力由它所受的重力  $mg$  和平台对它的支持力  $F_N$  的合力提供,物体在最高点时,回复力和加速度均向下且最大,由牛顿第二定律得

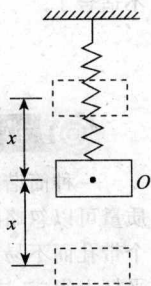


图 1-1-2

$$mg - F_N = ma_m$$

所以,在最高点时,平台对物体的支持力最小,由牛顿第三定律知,物体对平台的压力也最小.在最低点时,回复力和加速度均向上且最大,由牛顿第二定律得

$$F_N - mg = ma_m$$

所以,在最低点时,平台对物体的支持力最大,由牛顿第三定律知,物体对平台的压力也最大.

物体通过平衡位置时,加速度和回复力均为零,则  $F_N = mg$ ,即平台对物体的支持力等于物体的重力,与运动方向没有关系.正确选项为 A、B.

#### 4. 单摆

##### 模型解读

又称数学摆.如图 1-1-3 所示,它是由一根上端固定且不会伸长的细线(细线的质量忽略不计)和在下端悬挂的一个小球(可看作质点)所组成.线在竖直位置时,小球处于平衡位置  $O$  点,将小球从平衡位置略为移动后,小球在重力作用下,将返回到原来的平衡位置  $O$ ,但在返回平衡位置  $O$  后,又因具有动能而继续向另一侧运动,小球就这样在竖直平面内做来回重复的运动,这种振动系统称为“单摆”.

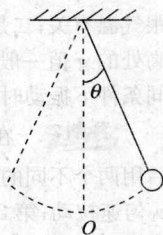


图 1-1-3

在单摆定义中应注意以下几点:

1. “不会伸长的细线、小球”是说小球可以当作质点看待,细线质量忽略不计,摆长可看作是由悬点到小球球心间长度不变的距离;
2. “小球”,小球由于体积小,在运动中空气阻力可忽略不计,小球的振动可看作只是由重力和绳子弹力的合力引起的;
3. “略为移动”,单摆振动只有在振幅很小的时候才能看作是简谐运动,所以只能施以很小的外力使小球略为移动,满足振幅很小的条件,一般来说摆角  $\theta \leq 5^\circ$ ;
4. “重复”就是说,第二次全振动与第一次全振动的过程是一样的,这是因为空气的阻力忽略不计.如果说“往复”,在阻尼振动的情况下,就不能算简谐运动了;
5. “在竖直平面内”,如果摆球运动不在竖直平面内,那么它就不是简谐运动了.因此对单摆必须严格定义.

单摆的周期  $T$  与摆长  $l$  以及摆所在地的重力加速度  $g$  值的大小有关,也与摆角(摆线和垂线所成的最大夹角  $\theta$ )有关,而与小球的质量  $m$  无关.在摆角  $\theta \leq 5^\circ$  时,周期数学表达式可用下式

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

## 典题实例

**典例1** 把已经调准确的摆钟,从北京移到广州,设摆长不变,这个钟将\_\_\_\_\_ (填“变快”、“变慢”或“不变”).要使它重新走得准确,应把摆长\_\_\_\_\_ (填“变长”、“变短”或“不变”).

**解析** 将摆钟看成单摆,因广州的重力加速度比北京的小,根据公式  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ,摆长不变时,因  $g$  变小故  $T$  变大;在同样一段时间里,单摆振动次数减少了,即摆钟指示的时间比实际时间少了,因此摆钟变慢了.再由周期公式,要使摆钟重新走得准确,应将摆长缩短,使这个摆钟在广州振动的周期与北京的相等.

**点评:**从单摆的周期公式看,影响单摆周期大小的因素:一是摆长的变化,原因是环境温度的改变和摆线材料热胀冷缩的物理性质,因此同一地点摆钟走时准确与否跟气温有关;二是重力加速度  $g$  值的变化,因在地球上不同地方、或在同一地方不同高处的  $g$  值一般不同,从而导致单摆周期的变化.后一种因素比较复杂,是单摆在不同条件下振动时回复力不同而引起的.

**典例2** 在描绘振动图线的演示实验装置中,先后用两个不同的沙摆做实验,第1次用纸板  $N_1$ ,以速度  $v_1$  匀速拉动;第2次用纸板  $N_2$ ,以速度  $v_2$  匀速拉动.结果形成如图 1-1-4 所示的沙子分布的曲线.已知  $v_2 = 2v_1$ ,则两个摆的周期  $T_1$ 、 $T_2$  符合关系 ( )

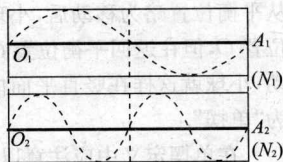


图 1-1-4

A.  $T_2 = T_1$

B.  $T_2 = 2T_1$

C.  $T_2 = 4T_1$

D.  $T_2 = \frac{T_1}{4}$

**解析** 由图 1-1-4 知,第一次在沙摆振动一个周期  $T_1$  的时间内拉动木板的位移,与第二次在沙摆振动两个周期  $2T_2$  的时间内拉动木板的位移相等,即  $v_1 T_1 = v_2 \cdot 2T_2$ . 所以  $\frac{T_1}{T_2} = \frac{2v_2}{v_1} = 4$ , 即  $T_1 = 4T_2$ . D 选项正确.

**点评:**在沙摆实验中,一定要注意时间是用木板的位移表示的,因为匀速拉动木板时,拉动木板的位移  $s$  跟所用时间  $t$  的关系为  $s = vt$ , 即  $s \propto t$ .

**典例3** 如图 1-1-5 所示,一个单摆摆长为  $L$ ,在其悬点  $O$  的正下方  $0.19L$  处有一钉子  $P$ . 现将摆球向左拉开到  $A$ , 使摆线偏角  $\theta < 5^\circ$ , 放手使其摆动. 求此单摆的振动周期.

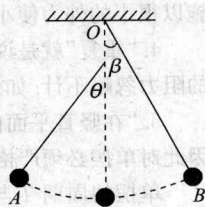


图 1-1-5

**解析** 释放后摆到  $B$  处,由机械能守恒知  $B$  和  $A$  等高,此时摆角  $\beta < \theta < 5^\circ$ , 摆球做简谐运动的摆长有所变化,它的周期为两个不同单摆的半周期之和. 即

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{1}{2} T_1 + \frac{1}{2} T_2 = \frac{1}{2} \cdot 2\pi\sqrt{\frac{0.81L}{g}} + \frac{1}{2} \cdot 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \\
 &= 1.9\pi\sqrt{\frac{L}{g}}
 \end{aligned}$$

**典例4** 如图 1-1-6 所示,一双线摆是由系在水平天花板上两根等长细线悬挂一小球而构成的,线的质量可以忽略.设图中  $l$  和  $\alpha$  为已知量.当小球垂直于纸面做简谐运动时,周期为\_\_\_\_\_.

**【解析】** 双线摆的摆长为  $l\sin\alpha$ , 则其周期为  $T =$

$$2\pi\sqrt{\frac{l\sin\alpha}{g}}$$

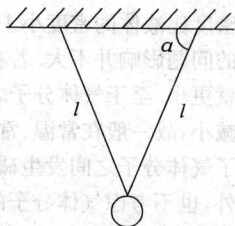


图 1-1-6

## 5. 其他模型

### 模型解读

#### 1. 轻绳、轻杆和轻质弹簧

“轻绳”是指质量不计的柔软物体,只能产生沿绳方向伸长的弹性形变,阻碍与其相连接的物体沿绳伸长方向的运动,因形变量很小,故在研究具体问题时不考虑绳的伸长.绳上只存在沿绳方向处处相等的拉力,且拉力大小随外界条件变化而变化,这种变化的时间极短,即拉力可以发生突变.

“轻杆”是指质量不计的刚性体,它不仅可以产生拉伸形变,还可以产生压缩、弯曲和扭转形变,因此,轻杆上的力既可以是拉力也可以是压力,而且力的方向不一定沿杆的方向,并认为其内部弹力处处相等.由于轻杆受力时的形变量很小,故处理轻杆问题时不考虑其形变大小,其受力可以发生突变.

“轻质弹簧”是指质量不计、形变量明显的理想模型.可以产生拉伸和压缩形变,其弹力方向沿弹簧纵轴方向,弹力大小在弹性范围内遵循胡克定律,其内部弹力处处相等.由于两端都连接物体的弹簧形变过程需要经历一段时间,因此,弹力大小随形变而渐变,不能突变.

#### 2. 光滑轨道

光滑轨道是一种理想轨道,实际上并不存在.当物体在轨道上运动时,若沿轨道方向上的外力远大于物体在轨道上所受摩擦力,这时,我们为了研究方便,就可忽略摩擦力的存在,把轨道作为光滑轨道来处理.

#### 3. 理想气体

把严格服从玻意耳—马略特定律、盖·吕萨克定律和查理定律的气体,称为“理想气体”.气体分子运动论的研究对象主要是气体物质系统.在通常情况下,气体中的

分子本身所占的体积,比起气体分子所能自由活动的空间,即气体的体积是小得多的,所以分子本身的大小可忽略不计.例如,温度为  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、压强为  $1$  大气压的气体,其密度比液体的密度小  $1000$  多倍.在某些情况下忽略气体分子本身的大小对我们研究的问题影响并不大.若在高温低压的情况下,将气体分子本身的大小忽略掉,则影响就更小.至于气体分子之间的相互作用力,由于它随着分子之间距离的增大而迅速地减小,故一般在常温、常压下,也可忽略气体分子之间存在着的分子力.也就是说,除了气体分子之间发生碰撞的瞬间之外,可认为气体分子之间是没有相互作用的.此外,也不考虑气体分子的内部结构,即认为分子在碰撞过程中不发生形变.若将气体分子视为刚体,而分子间的碰撞又是完全弹性碰撞,那么,气体分子就遵守动量守恒和动能守恒定律.符合上述要求的气体即称为理想气体.在通常的温度和压强下,理想气体和实际气体的性质差别并不太大.因此,所有的实际气体在温度不太低、压强不太大的情况下,都可被近似地看作理想气体.

#### 4. 机械波

机械振动在介质中传播而形成的波.按介质中质点振动方向和波传播方向间的关系,可分为横波和纵波两种:质点振动方向与波传播方向垂直的叫横波;在一条直线上的则叫纵波.固体中既能传播横波又能传播纵波;液体和气体中只能传播纵波.

#### 5. 匀强电场

在电场中,各个点的电场强度的大小和方向均相同的场叫匀强电场.在匀强电场中,等势面是垂直于电场线的一簇互相平行的平面.在匀强电场中,沿场强方向的两点间的电势差等于场强和这两点间距离的乘积.即场强在数值上等于沿场强方向每单位距离上的电势降落.

#### 6. 匀强磁场

在磁场中,各个点的磁感应强度的大小和方向均相同的场叫匀强磁场.匀强磁场中的磁感线是平行等间距分布的直线.

#### 7. 点光源

光源本身的大小与到被它照到的物体间的距离相比可以忽略不计时,这样的光源都可以被看作是“点光源”.点光源是一种理想模型.点光源并非数学上的点,而是物理意义上的点,即光源本身有一定线度.

### 典题实例

**典例 1** 如图 1-1-7 所示,长为  $L$  的细绳的一端连接一个质量为  $m$  的小球.

要使小球刚好能绕另一端  $O$  在竖直平面内做圆周运动,则小球通过最高点  $A$  的速度为多大?若将细绳换成轻杆,则小球通过最高点  $A$  的速度又有多大?

**[解析]** 因为细绳是柔软物体,所以当小球运动至最高点  $A$  时,细绳对小球只能提供向下拉力而不可能提供向上推力.于是,小球刚好能做圆周运动通过最高点  $A$

时所需要的最小向心力等于小球所受重力,此时细绳的拉力为零.设小球在 A 点的速度为  $v_A$ ,则由  $mg = \frac{mv_A^2}{L}$ ,得到

$$v_A = \sqrt{gL}.$$

将轻绳换成轻杆,因为轻杆是刚性物体,可以产生压缩形变而对小球产生推力,在最高点小球的重力完全可以由轻杆向上的支持力来平衡,小球通过最高点的最小速度为零,即  $v'_A = 0$ .

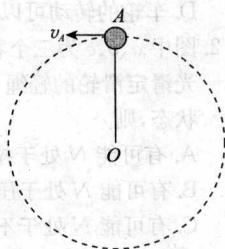


图 1-1-7

**典例 2** 在图 1-1-8 中,两根轻绳 OA、OB 共同拉住一个质量为  $m$  的小球,平衡时绳 OA 水平,绳 OB 与竖直方向成  $\theta$  夹角.试求剪断绳 OA 瞬间小球的加速度.若将细绳 OB 换成轻质弹簧,则剪断绳 OA 瞬间,小球的加速度又将如何变化?

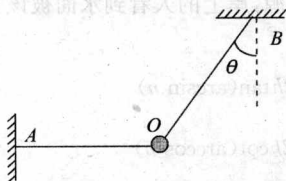


图 1-1-8

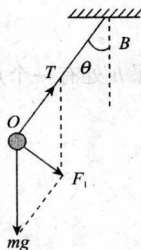


图 1-1-9

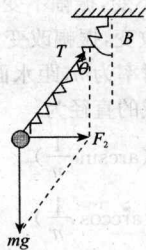


图 1-1-10

**【解析】** 小球平衡时所受重力和两绳的拉力的合力为零.剪断 OA 瞬间,小球将沿绳的切线方向摆动,故此时小球所受重力和绳 OB 的拉力的合力  $F_1$  沿切线方向,OB 的拉力发生了突变,如图 1-1-9 所示.所以小球此时加速度为  $a = g \sin \theta$ ,方向垂直轻绳 OB 斜向下.

若将绳 OB 换成轻质弹簧,剪断 OA 瞬间,弹簧来不及发生形变,可以认为弹簧弹力在瞬间没有发生变化.于是小球此时所受重力和弹力的合力  $F_2$  与轻绳 OA 未断前对小球的拉力等大反向,如图 1-1-10 所示.所以小球此时的加速度为  $a' = g \tan \theta$ ,方向水平向右.

### ◎ 我型我秀

1. 若车辆在行进中,要研究车轮的运动,下列选项中正确的是 ( )
- 车轮只做平动
  - 车轮只做转动
  - 车轮的平动可以用质点模型分析



D. 车轮的转动可以用质点模型分析

2. 图中  $a$ 、 $b$ 、 $c$  为三个物块,  $M$ 、 $N$  为两个轻质弹簧,  $R$  为跨过光滑定滑轮的轻绳, 它们连接如图 1-1-11 并处于平衡状态, 则 ( )

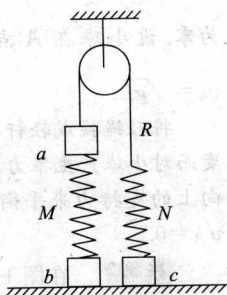


图 1-1-11

- A. 有可能  $N$  处于拉伸状态而  $M$  处于压缩状态  
 B. 有可能  $N$  处于压缩状态而  $M$  处于拉伸状态  
 C. 有可能  $N$  处于不伸不缩状态而  $M$  处于拉伸状态  
 D. 有可能  $N$  处于拉伸状态而  $M$  处于不伸不缩状态

3. 若单摆的摆长不变, 摆球的质量增加为原来的 4 倍, 摆球经过平衡位置时的速度减小为原来的  $\frac{1}{2}$ , 则单摆振动的 ( )

- A. 频率不变, 振幅不变  
 C. 频率改变, 振幅改变

- B. 频率不变, 振幅改变  
 D. 频率改变, 振幅不变

4. 水的折射率为  $n$ , 距水面深  $h$  处有一个点光源, 岸上的人看到水面被该光源照亮的圆形区域的直径为 ( )

A.  $2h \tan(\arcsin \frac{1}{n})$

B.  $2h \tan(\arcsin n)$

C.  $2h \tan(\arccos \frac{1}{n})$

D.  $2h \cot(\arccos n)$

5. 如图 1-1-12 所示, 为了测一凹透镜凹面的半径  $R$ , 让一个半径为  $r$  的光滑钢珠在凹面内做振幅很小的振动. 若测出它完成  $N$  次全振动的时间为  $t$ , 则此凹透镜凹面的半径  $R = \underline{\hspace{2cm}}$ . (重力加速度为  $g$ )

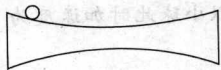


图 1-1-12

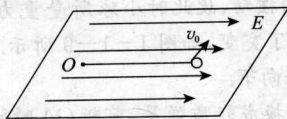


图 1-1-13

6. 如图 1-1-13 所示, 在光滑水平面上的  $O$  点系一长为  $l$  的绝缘细线, 线的一端系一质量为  $m$ , 带电荷量为  $q$  的小球. 当沿细线方向加上场强为  $E$  的匀强电场后, 小球处于平衡状态. 现给小球一垂直于细线的初速度  $v_0$ , 使小球在水平面上开始运动. 若  $v_0$  很小, 则小球第一次回到平衡位置所需时间为  $\underline{\hspace{2cm}}$ .

7. 如图 1-1-14 所示  $p$ - $V$  图中, 一定质量的理想气体由状态  $A$  经过  $ACB$  过程至状态  $B$ , 气体对外做功  $280 \text{ J}$ , 吸收热量  $410 \text{ J}$ ; 气体又从状态  $B$  经  $BDA$  过程回到状态  $A$ , 这一过程中气体对外界做功  $200 \text{ J}$ . 求:

(1)  $ACB$  过程中气体的内能是增加还是减少? 变化量是多少?