

丛书主编 陈进前
本册主编 葛德成

龙门

高考专版

LONGMEN GAOKAO ZHUANBAN



第二轮 热点专题训练

- 特级教师倾力打造
- 综合脉络精心梳理
- 热点试题全新演练
- 解题能力快捷提高

物理



龍門書局
www.sciencep.com



龙门

高考专版

第二轮 热点专题训练

物理

- 丛书主编 陈进前
- 本册主编 葛德成
- 编者 葛德成 聂富国 田光哲
倪子元 吴春先 徐有根
张希洪 余志敏 蓝淑芳
葛小娅

龍門書局

北京

版权所有 翻印必究

·本书封面贴有科学出版社、龙门书局激光防伪标志，
凡无此标志者均为非法出版物。

举报电话：(010)64034160, 13501151303(打假办)

邮购电话：(010)64000246

图书在版编目(CIP)数据

龙门高考专版. 第二轮. 物理/陈进前丛书主编; 葛德成分册
主编. —北京: 龙门书局, 2003
ISBN 7-80191-255-1

I. 龙… II. ①陈…②葛… III. 物理课—高中—习题—升学
参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 089529 号

责任编辑: 王 敏 韩 博 / 封面设计: 东方上林工作室

龙 门 书 局 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

世界知识印刷厂 印刷

科学出版社总发行 各地书店经销

*

2003年11月第 一 版 开本: A4(890×1240)

2003年11月第一次印刷 印张: 8 1/4

印数: 1—15 000 字数: 330 000

定 价: 10.50 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

龙门

高考专版

第二轮热点专题训练

编委会

总策划：龙门书局

丛书主编：陈进前（特级教师）

执行编委：王 敏 韩 博

编 委（按姓氏笔画排序）：

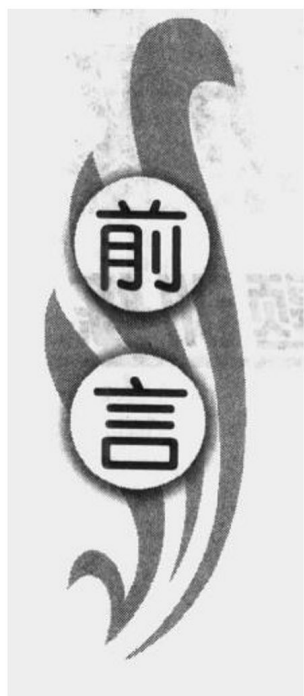
丁 平（特级教师） 吕 虹

李月根 李兆田（特级教师）

陈进前（特级教师） 周炳渠

曹富祥 黄 刚（特级教师）

傅 岩（特级教师） 葛德成



2004年起,高考将在全国实施“3+X”科目设置的基础上,根据普通高中课程改革和新教材的要求,更进一步呈现以“素质+能力”考核为主导,以基础性、综合性、应用性、多元性为特点的新高考命题趋向。在长期的一线教学实践和高考阅卷等活动中,我们深深感到,在复习备考的冲刺阶段,教师和学生手中有一套科学、实用的高考教学辅导书,对于提高高考成绩来说有非常关键的作用。

复习备考的冲刺阶段,最重要的是要做以下几件事:一是学科知识的系统化、综合化、为综合运用打下坚实的基础,这里要突出整理知识的“综合脉络”;二是通过对典型试题的解答、评析,促进解题方法的领会和综合能力的培养和提高;三是寻找经典试题、新材料试题恰到好处地进行训练,这里的关键是所选试题要新,要跟高考试题的变化趋势相吻合。《高考龙门专版(第二轮)》丛书就是紧贴高考冲刺阶段的这些实际情况而精心编写的一套好书。

本丛书包括《语文》、《数学》、《英语》、《物理》、《化学》、《生物》、《理综》、《历史》、《政治》、《地理》、《文综》等分册。每个分册都根据新的《考试说明》、新的《教学大纲》、新的普通高中教材的特点,分成以下三篇:

考点综合 把高考试题中出现密度较大的考点有机地组合成数十个小专题,以这些专题为基点构建知识的综合结构网络,进行专项点拨,并配上专题测试。本篇可以有效帮助考生理清学科知识的综合脉络。

高考能力突破 根据学生在高考试题解答中经常出现的解题失误情况,有针对性地确定若干小专题,选取一些思维量较大的能力训练题进行专项点拨、专题测试。本篇突出解题错误矫正,使考生在较短时间内达到提高解题的正确率和解题速度的目的。

热门题型设计 本篇突出试题的新颖性,突出高考试题变化趋势的预测性。分专题编制多套具有很强针对性的新试题,供考生在冲刺阶段进行训练。

本丛书还有以下特点:

一、一线特级教师、高级教师精心打造 参加本丛书编写的都是长年在重点中学从事高中教学、高考研究、高考阅卷工作的特级教师和高级教师。他们对高考试题变化的大趋势有极强的把握能力,对高考复习中学生身上的各种学习症状把脉最准,对各种渠道的新信息、新材料有很强的敏感性。编写过程中,各位作者都把多年的成功经验、研究心得融入本丛书之中,使本丛书在新一年高考复习中具有很强的指导作用。

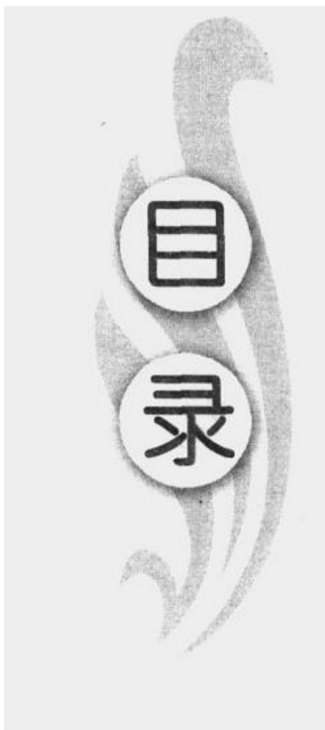
二、新要求,新题材,新试题 2004年是全国各省市都采用新教材后的第一个年头,高考也会有新的变化。各分册编写过程中,我们完全根据2004年高考的新要求重新组合考点,用新的角度剖析“综合脉络”,编写过程中大量选用新的题材。“样题点击”和“专题测试”中的试题,除了选用部分经典试题以外,很大一部分是我们新编的或近期才在各种渠道中出现的新试题。

三、只讲实效 高考是一次残酷的竞争,是一次实实在在的较量,所以在备考复习阶段务求实效。如“高考能力突破”篇中,从考生解答高考题的常见问题入手,能帮助考生实实在在地提高高考解题能力;“热门题型设计”篇中所选试题针对性强,可以帮助考生积聚高考解题的实战经验。

本丛书的编写是一种新的尝试,为了进一步充实、完善,恳请广大读者和专家提出建议和意见。

丛书主编 陈进前

2003年11月



○ 第一编 考点综合

专题一 共点力的平衡	(1)
专题二 恒力作用下的运动	(4)
专题三 变力作用下的运动	(8)
专题四 动量定理和动能定理	(13)
专题五 动量守恒和动能守恒	(16)
专题六 振动和波动	(23)
专题七 分子动理论	(27)
专题八 带电粒子在电场中的运动	(29)
专题九 电路的分析和计算	(34)
专题十 安培力和洛伦兹力	(39)
专题十一 楞次定律和法拉第电磁感应定律	(43)
专题十二 带电粒子在复合场中运动	(47)
专题十三 交变电流	(50)
专题十四 光学	(53)
专题十五 原子和原子核	(57)
专题十六 学生实验	(59)
专题十七 演示实验	(64)

○ 第二编 高考能力突破

专题十八 理解能力	(70)
专题十九 推理能力	(73)
专题二十 设计和完成实验的能力	(76)
专题二十一 获取知识的能力	(82)
专题二十二 分析综合能力	(86)

○ 第三编 热门专题设计

专题二十三 物理图象专题测试	(90)
专题二十四 估算问题测试	(93)
专题二十五 联系生活、实际专题测试	(94)
专题二十六 设计性实验专题测试	(96)
专题二十七 学科内综合专题测试	(99)
专题二十八 学科间综合专题测试	(102)

○ 参考答案

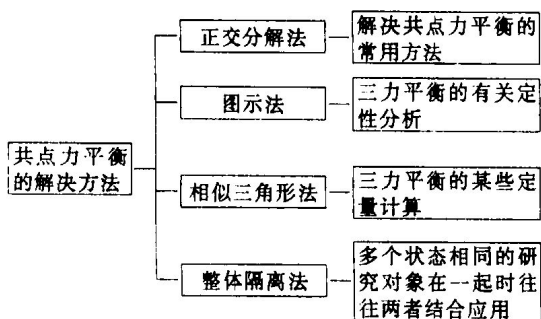
第一编 考点综合

专题一 共点力的平衡

知能目标

1. 理解重力、弹力、摩擦力的产生条件以及方向的判断、大小的求法, 熟练进行物体的受力分析.
2. 掌握力的合成与分解的方法, 熟练应用正交分解法.
3. 理解物体在共点力作用下的平衡状态以及平衡条件, 且在实际问题中应用起来.
4. 归纳总结解决平衡问题的几种基本方法, 如正交分解法、图示法、相似三角形法、整体隔离法.

综合脉络



物体的平衡条件是物体受到的共点力的合外力为零, 正交分解后则各方向上合外力均为零.

推论: ①若物体受到几个共点力作用处于平衡状态, 则其中任意一个力是另外几个力的合力的平衡力; ②若物体受到几个共点力处于平衡状态, 则这些力必构成闭合的矢量多边形.

样题点击

[例 1] 在粗糙水平面上放着一个三角形木块 ABC, 在它的两个粗糙斜面上分别放有质量为 m_1 和 m_2 的两个物体, $m_1 > m_2$, 如图 1-1, 若三角形木块和两物体都是静止的, 则粗糙水平面对三角形木块 ()

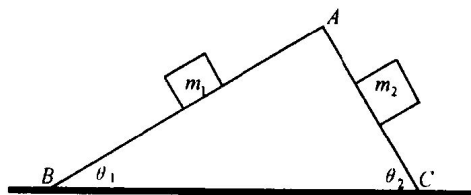


图 1-1

- A. 有摩擦力的作用, 摩擦力的方向水平向右
- B. 有摩擦力的作用, 摩擦力的方向水平向左
- C. 有摩擦力的作用, 但摩擦力的方向不能确定, 因 m_1 、 m_2 等数值未给出
- D. 以上结论都不对

分析 由于三角形木块和斜面上的两物体都静止, 可以把它们看成一个整体. 竖直方向受到重力和支持力作用, 处于平衡状态, 水平方向无任何滑动趋势, 因此不受地面的摩擦力作用. 整体法是对几个状态相同的物体经常使用的方法. 选 D.

[例 2] 如图 1-2, 长为 5m 的细绳的两端分别系于竖立在地面相距为 4m 的两杆的顶端 A、B. 绳上挂一个光滑的轻质挂钩, 其下连着一个重为 12N 的物体, 平衡时, 绳中的张力为多少?

分析 因挂钩光滑, 挂钩 O 两侧的细绳属同一根细绳. 绳中张力处处相等, 均为 T. 故平衡时, 两侧张力的合力 $F = G = 12\text{N}$, 且两张力与竖直方向夹角相等.

延长 BO 交杆上 A' 点, 则 A' 与 A 对于过 O 点水平面对称, 则通过简单的几何关系可得

$$T = \frac{5}{6} F = 10\text{N}$$

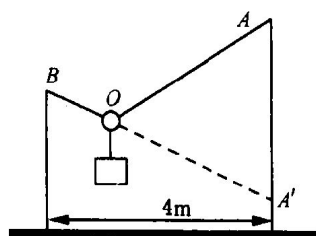


图 1-2

[例 3] 一表面粗糙的斜面, 放在水平光滑的地面上, 如图 1-3, θ 为斜面的倾角. 斜面固定时, 一质量为 m 的滑块恰好能沿斜面匀速下滑. 斜面不固定时, 若用一推力 F 作用于滑块, 使之沿斜面匀速上滑. 为了保持斜面静止不动, 必须用一大小为 $F_0 = 4mg \cdot \cos\theta \cdot \sin\theta$ 的水平力作用于斜面. 求推力 F 的大小和方向.

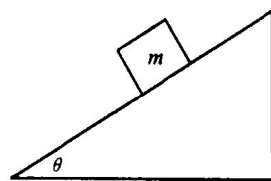


图 1-3

分析 因物块恰好沿斜面匀速下滑,

$$\mu mg \cos\theta = mg \sin\theta$$

$$\text{得 } \mu = \tan\theta$$

设推力 F 沿斜面的分量为 F_x , 垂直于斜面的分量为 F_y , 物块的受力如图 1-4, N 为斜面对物块的支持力, f 为斜面对物块的摩擦力, 有

$$F_x - mg \sin\theta - f = 0$$

$$N - F_y - mg \cos\theta = 0$$

$$f = \mu N$$

斜面的受力如图 1-5, 其中 G 为斜面体受到的重力, N_0 为地面对斜面的支持力, 因斜面体静止,

$$\text{有 } F_0 = f' \cos\theta + N' \sin\theta = 4mg \sin\theta \cos\theta$$

$$\text{求得 } F_x = 3mg \sin\theta$$

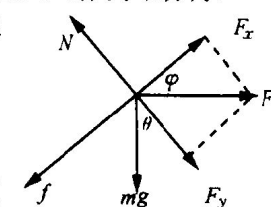


图 1-4

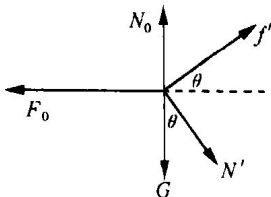


图 1-5



$$F_y = mg \cos \theta$$

得 $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = mg \sqrt{1 + 8 \sin^2 \theta}$

$$\tan \varphi = \frac{F_y}{F_x} = \frac{1}{3} \cot \theta$$

【例4】 建筑工地上的黄沙,堆成圆锥形,而不管如何堆,其角度是不变的,若测出其圆锥底的周长为 12.5m,高为 1.5m,如图 1-6,试求:

- (1) 黄沙之间的动摩擦因数.
- (2) 若将该黄沙靠墙堆放,占场地的面积至少为多少?

分析 (1) 沙堆表面上的沙粒受重力、弹力和摩擦力的作用而静止.有

$$mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$$

即 $\mu = \tan \theta = \frac{h}{R}$

又 $l = 2\pi R$

故有 $\mu = \frac{2\pi h}{l} = 0.75$, 且 $\theta = 37^\circ$

(2) 因为黄沙是靠墙堆放的,只能堆成半圆锥,由于体积不变, θ 不变,要使占场地面积最小,则 R_x 最小,所以 $h_x = \mu R_x$, 由圆锥体积公式得

$$V = \frac{1}{3} \pi R^2 h = \frac{1}{3} \pi R_x^2 \cdot \mu R_x = \frac{1}{3} \pi \mu R_x^3 = \frac{1}{4} \pi R^3$$

因为只能堆成半个圆锥,所以 $\frac{1}{8} \pi R_x^3 = \frac{1}{4} \pi R^3$

又 $R = \frac{l}{2\pi} \approx 2\text{m}$

故 $R_x = \sqrt[3]{2R^3} = \sqrt[3]{16}\text{m}$

占地面积 $S_x = \frac{\pi}{2} R_x^2 = 2\pi \sqrt[3]{4}\text{m}^2$

【例5】 有三根长度皆为 $l = 1.00\text{m}$ 的不可伸长的绝缘轻线,其中两根的一端固定在天花板上的 O 点,另一端分别拴有质量皆为 $m = 1.00 \times 10^{-2}\text{kg}$ 的带电小球 A 和 B ,它们的电荷量分别为 $-q$ 和 $+q$, $q = 1.00 \times 10^{-7}\text{C}$. A 、 B 之间用第三根线连接起来.空间中存在大小为 $E = 1.00 \times 10^6\text{N/C}$ 的匀强电场,场强方向沿水平向右,平衡时 A 、 B 球的位置如图 1-7.现将 O 、 B 之间的线烧断,由于有空气阻力, A 、 B 球最后会达到新的平衡位置.求最后两球的机械能与电势能的总和与烧断前相比较改变了多少(不计两带电小球间相互作用的静电力).

分析 如图 1-8,虚线表示 A 、 B 球原来的平衡位置,实线表示烧断后重新达到平衡的位置,其中 α 、 β 分别表示细线 OA 、 AB 与竖直方向的夹角.

A 球受力如图 1-9,由平衡条件

$$T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \beta = qE$$

$$T_1 \cos \alpha = mg + T_2 \cos \beta$$

B 球受力如图 1-10,由平衡条件

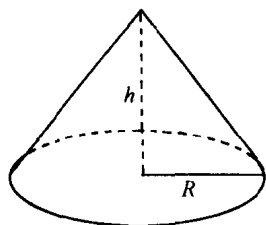


图 1-6

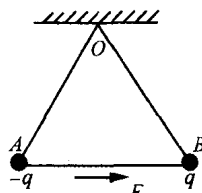


图 1-7

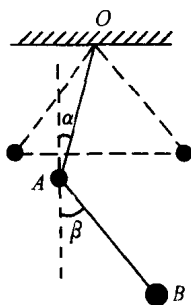


图 1-8

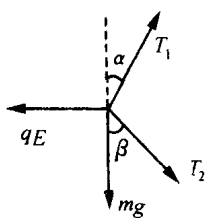


图 1-9

$$T_2 \sin \beta = qE$$

$$T_2 \cos \beta = mg$$

联立以上各式并代入数据,得 $\alpha = 0, \beta = 45^\circ$

由此可知, A 、 B 球重新达到平衡的位置如图 1-11,与原来位置相比,

A 球的重力势能减少了

$$E_A = mgl(1 - \sin 60^\circ)$$

B 球的重力势能减少了

$$E_B = mgl(1 - \sin 60^\circ + \cos 45^\circ)$$

A 球的电势能增加了

$$W_A = qEl \cos 60^\circ$$

B 球的电势能减少了

$$W_B = qEl(\sin 45^\circ - \sin 30^\circ)$$

两种势能总和减少了

$$W = W_B - W_A + E_A + E_B = 6.8 \times 10^{-2}\text{J}$$

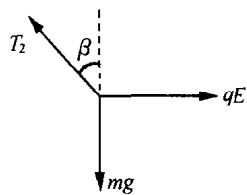


图 1-10

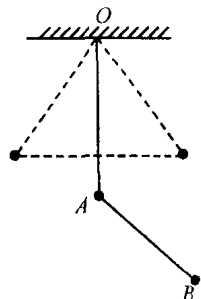


图 1-11

专题测试

一、选择题

- 下列一些说法:①一质点受两个力作用且处于平衡状态(静止或匀速运动),这两个力在同一段时间内的冲量一定相同;②一质点受两个力作用且处于平衡状态(静止或匀速运动),这两个力在同一段时间内做的功或者都为零,或者大小相等符号相反;③在同样时间内,作用力和反作用力的功大小不一定相等,但正负号一定相反;④在同样时间内,作用力和反作用力的功大小不一定相等,正负号也不一定相反.以上说法正确的是 ()

- A. ①② B. ①③
C. ②③ D. ②④

- 如图 1-12,物体 m 静止在倾角为 θ 的斜面上,再用水平力推物体 m ,当 F 由零逐渐增大但 m 仍静止时,则 ()

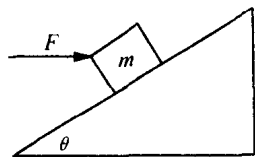


图 1-12

- A. 物体 m 所受合外力增大
B. 斜面所受的压力增大
C. 物体 m 所受静摩擦力一定增大
D. 物体 m 所受的静摩擦力的方向一定沿斜面向下

- 如图 1-13,一木块放在水平桌面上,在水平方向上共受到三个力即 F_1 、 F_2 和摩擦力作用,木块处于静止状态,

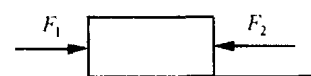


图 1-13

其中 $F_1 = 10\text{N}$, $F_2 = 2\text{N}$,若撤去力 F_1 ,则木块在水平方向上受到的合力为 ()

- A. 10N,方向向左 B. 6N,方向向右
C. 2N,方向向左 D. 零

- 如图 1-14,有一直角支架 AOB , AO 水平放置,表面粗糙, OB 竖直向下表面光滑. AO 上套有小环 P , OB 上套有小环 Q ,两环质量均为 m ,两环间由一根轻绳相连,并在某一位置平衡,现将 P 环左移一小段距离,

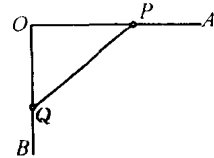


图 1-14



两环再次平衡,那么移动后的平衡状态与移动前的平衡状态比较AO杆对P的支持力和轻绳上拉力T的变化情况是

- ()
- A. N不变, T变大 B. N不变, T变小
C. N变大, T变大 D. N变大, T变小

5. 完全相同的直角三角形滑块A、B,按如图1-15所示叠放,设A、B接触的斜面光滑,A与桌面的动摩擦因数为 μ ,现在B上作用一水平推力F,恰好使A、B一起在桌面上匀速运动,且A、B保持相对静止.则A与桌面的动摩擦因数 μ 与斜面倾角 θ 的关系为

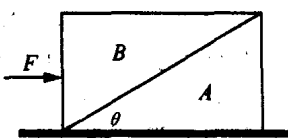


图 1-15

- A. $\mu = \tan\theta$ B. $\mu = \frac{1}{2} \tan\theta$
C. $\mu = 2 \tan\theta$ D. μ 与 θ 无关

6. 如图1-16,光滑球放在两块斜板AB和AC之间,两板与水平面之间夹角均为 60° ,若将AB板固定,使AC板与水平面之间的夹角逐渐减小,则

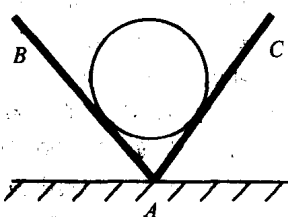


图 1-16

- ()
- ① 球对AB板的压力先增大后减小
② 球对AB板的压力逐渐减小
③ 球对AC板的压力先减小后增大
④ 球对AC板的压力逐渐增大

- A. ①③ B. ①④ C. ②④ D. ②③

7. 如图1-17,用一根长为 l 的细绳一端固定在O点,另一端悬挂质量为 m 的小球A,为使细绳与竖直方向夹 30° 且绷紧,小球A处于静止,对小球施加的最小的力为

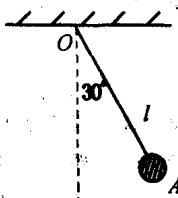


图 1-17

- A. $\sqrt{3}mg$ B. $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$
C. $\frac{1}{2}mg$ D. $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$

8. 如图1-18,A、B为等量的同种电荷,质量都是 m ,悬线长度都是 L ,B球固定在悬线的竖直方向上,A球受B球的作用偏离B球的距离为 x ,若其他条件不变,欲使A、B两球间的距离变为原来的一半且A球仍然保持静止,则A球质量应增大到原来的

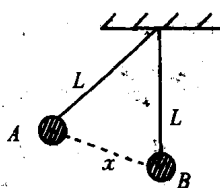


图 1-18

- A. 2倍 B. 4倍 C. 6倍 D. 8倍

9. 在“互成角度的两个力的合成”实验中,用A、B两只弹簧把结点拉到某一位置O,这时两绳套AO、BO的夹角 $\angle AOB < 90^\circ$,现改变弹簧秤A的拉力方向,使 α 角减小至某一角度,但不改变它的拉力大小,如图1-19所示,那么要使结点仍被拉到O点,就应调整弹簧秤B的拉力大小

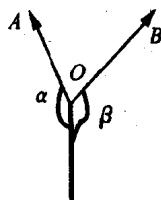


图 1-19

及 β 角,则下列调整方法中可行的是

- ()
- ① 增大B的拉力、增大 β 角
② 增大B的拉力、 β 角不变
③ 增大B的拉力、减小 β 角
④ B的拉力大小不变、增大 β 角

- A. ①④ B. ①②③
C. ①②④ D. ①③④

10. 手握轻杆,杆的另一端安放在一个小滑轮C,支持着悬挂重物的绳子,如图1-20所示.现保持滑轮C的位置不变,使杆向下转动一个角度,则杆对滑轮C的作用力将

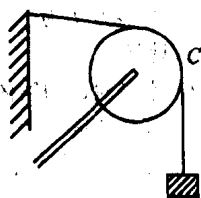


图 1-20

- A. 变大 B. 不变
C. 变小 D. 无法确定

11. 小木块 m 从光滑曲面上P点滑下,通过粗糙静止的水平传送带落于地面上的Q点,如图1-21,现让传送带在皮带轮带动下逆时针转动,让 m 从P处重新滑下,则此次木块的落地点将

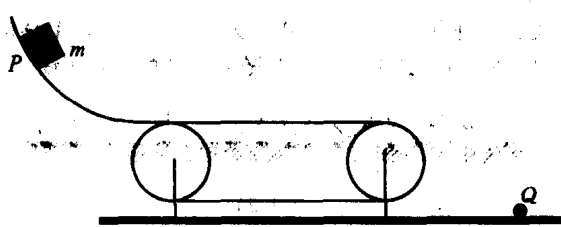


图 1-21

- A. 仍在Q点 B. 在Q点右边
C. 在Q点左边 D. 木块可能落不到地面

二、填空题

12. 如图1-22,AOB为水平放置的光滑杆,夹角为 60° ,杆上套有两个质量不计的小环,两环间连有可伸长的弹性绳,在绳的中点施以沿角AOB的角平分线水平向右的力F,缓慢地拉绳,待两环达到稳定状态时,绳对环的拉力T大小为_____.

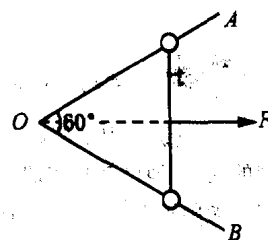


图 1-22

13. 如图1-23,两木块与两弹簧连接在一起,竖直放置,下面弹簧与桌面不接触,不计弹簧质量,整个系统处于平衡.现用力缓慢向上提上面木块,直到下面弹簧刚离开桌面,在这过程中下面木块移动的距离为_____,上面木块移动的距离为_____.

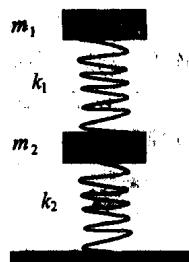


图 1-23

14. 如图1-24,物体A质量 $m = 2\text{kg}$,用两根轻绳把它连接于竖直墙上的B、C两点,在A上加一力F,若图中夹角 $\theta = 60^\circ$,要使两绳都能拉直,即A在图示位置保持平衡,则力F的大小应满足的条件是_____ ($g = 10\text{m/s}^2$).

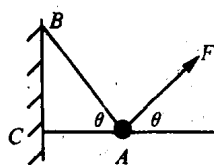


图 1-24

15. 如图1-25,一根水平的粗糙直横杆



上,套有两个质量均为 m 的铁环,两铁环上系着两根等长的细线,共同拴住一个质量为 $M = 2m$ 的小球,若细线与水平横杆的夹角为 θ 时,两铁环与小球都处于静止状态,则水平横杆对其一铁环的弹力 N 为_____,摩擦力 f 为_____.

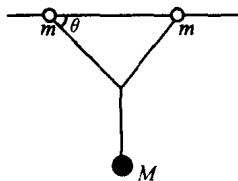


图 1-25

三、计算题

16. 空气对运动物体的阻力实际上与物体的速度大小有关. 尤其是速度较大时更为明显, 设雨滴下落时受到的空气阻力为 $f = kv^2$, 雨滴的质量为 m , 接近地面时早已做匀速运动, 称之为达到了收尾速度, 若在水平风力的作用下, 雨滴的速度方向与竖直方向成 37° , 求雨滴的收尾速度.
17. 劲度系数 $k = 300\text{N/m}$ 的轻弹簧连接的滑块 A、B 静止于水平桌面上, 弹簧没有形变, 如图 1-26, 已知 $G_A = 200\text{N}$, $G_B = 300\text{N}$, A、B 与桌面的动摩擦因数分别为 $\mu_A = 0.25$, $\mu_B = 0.50$, 用水平力 F 作用于 A, 让 F 从零逐渐增大, 并使 B 匀速前进 0.5m , 以作用力 F 为纵坐标, A 移动的距离为横坐标, 试作出拉力 F 随 A 位移的变化图线.



图 1-26

18. 测定患者的血沉, 在医学上有助于医生对病情做出判断.

设血液是由红血球和血浆组成的悬浮液. 将此悬浮液放进竖直放置的血沉管内, 红血球就会在血浆中匀速下沉, 其下沉速率称为血沉. 某人的血沉 v 的值大约是 10mm/h . 如果把红血球近似看做是半径为 R 的小球, 且认为它在血浆中下沉时所受的黏滞阻力为 $F = 6\pi\eta Rv$. 在室温下 $\eta = 1.8 \times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$, 已知血浆的密度为 $\rho_0 = 1 \times 10^3\text{kg/m}^3$, 红血球的密度 $\rho = 1.3 \times 10^3\text{kg/m}^3$, 试由以上数据估算红血球半径的大小.

19. 如图 1-27, 三根不可伸长的相同的光滑细绳, 一端系在半径为 r 的环上, 间距相等, 另一端穿过第二个相同的圆环系在第三个半径为 $2r$ 的圆环上, 现把第一个环水平地固定起来, 若三个环的材料相同, 粗细也相同, 试求当系统平衡时, 第二环与第三环圆心间的距离.

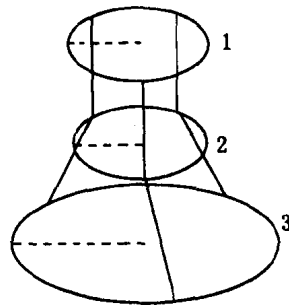


图 1-27

20. 设在地面上方的真空室内, 存在匀强电场和匀强磁场. 已知电场强度和磁感应强度的方向是相同的, 电场强度的大小 $E = 4\text{V/m}$, 磁感应强度的大小 $B = 0.15\text{T}$, 今有一个带负电的质点以 $v = 20\text{m/s}$ 的速度在此区域内沿垂直场强方向做匀速直线运动, 求此带电质点的电荷量与质量之比 q/m 以及磁场所有可能的方向 (角度可用反三角函数表示).



专题二 恒力作用下的运动



知能目标

1. 熟练应用牛顿运动定律分析解决动力学中两种基本类型的问题, 即已知物体的受力确定物体的运动情况和已知物体的运动确定物体的受力情况.
2. 把握牛顿运动定律的应用中几种典型方法的应用, 如正交分解法、整体隔离法、假设法、极限法等.
3. 注意牛顿运动定律的应用中几种典型问题的处理, 如连接体问题、瞬时问题、超重和失重问题等.
4. 以平抛运动为例, 分析掌握恒力作用下的曲线运动的处理方法.



综合脉络

1. 牛顿运动定律是整个力学的重点, 更是高考考查的热点和重点. 有关牛顿第二定律的应用, 在近几年的高考中每年都有, 并且主要从以下几个方面进行考查: (1) 用正交分解法或矢量合成法求解加速度; (2) 结合牛顿定律和运动学规律解决问题; (3) 运用超重、失重定性分析一些力学现象; (4) 简单的连接体问题.
2. 物体的运动性质取决于初始条件和物体的受力情况及相互关系, 物体做直线运动和曲线运动的区别在于力是否和速度共线.

3. 物体的加速度是运动学量和动力学量间联系的桥梁, 对物体的受力情况和运动情况作出正确的分析和判断是解答动力学问题的关键, 对于较复杂的物理过程, 应注意画出相关的运动示意草图和各阶段的受力图.
4. 若是恒力作用下的曲线运动, 要注意运动的分解, 一般地把运动分解为恒力作用下的直线运动和与恒力垂直方向上的匀速直线运动, 分解后分方向求出加速度、速度、位移等, 要注意分运动的独立性与同时性的应用.



样题点击

【例 1】如图 2-1 所示的传送皮带, 其水平部分 $ab = 2\text{m}$, $bc = 4\text{m}$, bc 与水平面的夹角 $\alpha = 37^\circ$, 一小物体 A 与传送皮带的滑动摩擦因数 $\mu = 0.25$, 皮带沿图示方向运动, 速率为 2m/s . 若把物体 A 轻轻放到 a 点处, 它将被皮带送到 c 点, 且物体 A 一直没有脱离皮带. 求物体 A 从 a 点被传送到 c 点所用的时间.

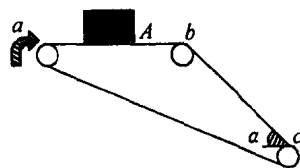


图 2-1

分析 物体 A 轻放到 a 点处, 它对传送带的相对运动向后, 传送带对 A 的滑动摩擦力向前, 则 A 做初速为零的匀加速运动直到与传送带速度相同. 设此段时间为 t_1 , 则



$$a_1 = \mu g = 2.5 \text{ m/s}^2, \quad t_1 = v/a_1 = 0.8 \text{ s}$$

设 A 匀加速运动时间内位移为 s_1 , 则 $s_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 0.8 \text{ m}$

设物体 A 在水平传送带上做匀速运动时间为 t_2 , 则

$$t_2 = \frac{ab - s_1}{v} = 0.6 \text{ s}$$

设物体 A 在 bc 段运动时间为 t_3 , 加速度为 a_2 , 则

$$a_2 = g \sin 37^\circ - \mu g \cos 37^\circ = 4 \text{ m/s}^2$$

$$bc = vt_3 + \frac{1}{2} a_2 t_3^2$$

即 $4 = 2t_3 + \frac{1}{2} \times 4t_3^2$

解得 $t_3 = 1 \text{ s}$ ($t_3 = -2 \text{ s}$ 舍去)

所以物体 A 从 a 点被传送到 c 点所用的时间

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = 2.4 \text{ s}$$

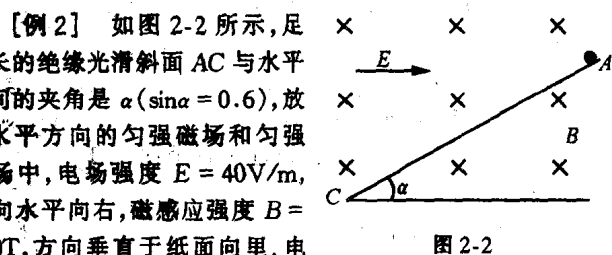


图 2-2

【例 2】如图 2-2 所示, 足够长的绝缘光滑斜面 AC 与水平面间的夹角是 α ($\sin \alpha = 0.6$), 放在水平方向的匀强磁场和匀强电场中, 电场强度 $E = 40 \text{ V/m}$, 方向水平向右, 磁感应强度 $B = 4.0 \text{ T}$, 方向垂直于纸面向里. 电荷量 $q = 5.0 \times 10^{-2} \text{ C}$, 质量 $m = 0.40 \text{ kg}$ 的带负电小球, 从斜面顶端 A 由静止开始下滑. 求小球能够沿斜面下滑的最大距离 (取 $g = 10 \text{ m/s}^2$).

分析 小球沿斜面滑下时受重力 mg , 电场力 qE , 磁场力 f 和斜面的支持力 N , 小球沿斜面向下做匀加速直线运动, 随速度增加, 磁场力增大, 直到支持力 N 等于零, 为小球沿斜面下滑的临界情况. 有

$$qBv - mg \cos \alpha + qE \sin \alpha = 0$$

解得 $v = 10 \text{ m/s}$

小球由静止开始下滑的距离设为 s , 有

$$\frac{1}{2} mv^2 = qE s \cos \alpha + mg s \sin \alpha$$

解得 $s = 5.0 \text{ m}$

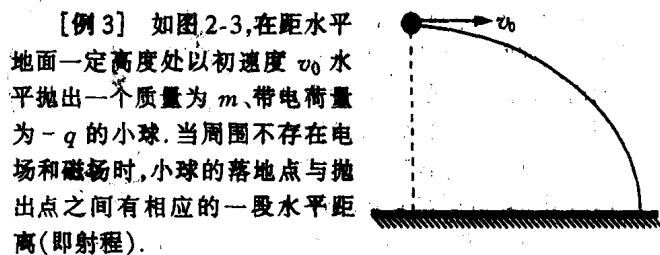


图 2-3

【例 3】如图 2-3, 在距水平地面一定高度处以初速度 v_0 水平抛出一个质量为 m , 带电荷量为 $-q$ 的小球. 当周围不存在电场和磁场时, 小球的落地点与抛出点之间有相应的一段水平距离 (即射程).

(1) 若在此空间加上一个竖直方向的匀强电场, 使小球的射程增加为原来的 2 倍. 试求场强 E 的大小和方向.

(2) 若除存在上述电场外, 还存在一个与 v_0 方向垂直的水平方向的匀强磁场, 使小球抛出后恰好能做匀速直线运动. 试求此匀强磁场的磁感应强度 B 的大小和方向.

分析 (1) 设竖直高度为 h , 小球的水平速度不变, 而射程增为 2 倍, 说明落地时间为原来的 2 倍, 再设加电场后小球的加速度为 a , 则有

$$h = \frac{1}{2} g t_1^2$$

$$h = \frac{1}{2} a (2t_1)^2$$

得 $a = \frac{g}{4} = \frac{mg - qE}{m}$

故 $E = \frac{3mg}{4q}$, 且电场方向竖直向下.

(2) 要使小球做匀速直线运动, 则有 $qv_0 B + qE = mg$, 把

上式代入得 $B = \frac{mg}{4qv_0}$, 且磁场方向为垂直纸面向外.



一、选择题

1. A、B 两物体相距 $s = 7 \text{ m}$, 物体 A 正以 $v_A = 4 \text{ m/s}$ 的速度在水平面上向右匀速运动, 而物体 B 此时速度 $v_B = 10 \text{ m/s}$, 并在恒定外力作用下以加速度 2 m/s^2 做匀减速运动, B 与 A 同向运动, 那么, 物体 A 追上 B 所用的时间是 ()
A. 7s B. 8s C. 9s D. 10s
2. 一航天探测器完成对月球的探测任务后, 在离开月球的过程中, 由静止开始沿着与月球表面成一倾角的直线飞行, 先加速运动, 再匀速运动, 探测器通过喷气而获得动力, 以下关于喷气方向的描述中正确的是 ()
A. 探测器加速运动时, 沿直线向后喷气
B. 探测器加速运动时, 竖直向下喷气
C. 探测器匀速运动时, 竖直向下喷气
D. 探测器匀速运动时, 不需要喷气
3. 将“超级市场”中运送货物所用的平板车固定在水平地面上, 配送员用 $4.0 \times 10^2 \text{ N}$ 的水平力推动一箱 $1.0 \times 10^2 \text{ kg}$ 的货物时, 该货物刚好能在平板车上开始滑动; 若配送员推动平板车由静止开始加速前进, 要使此箱货物不从车上滑落, 配送员推车时车的加速度的取值可以为 ()
① 3.2 m/s^2 ② 5.5 m/s^2 ③ 6.0 m/s^2 ④ 2.8 m/s^2
A. ①② B. ②③ C. ③④ D. ①④
4. 如图 2-4, 质量均为 m 的两物体 A 和 B, 中间用一根劲度系数为 k 的轻弹簧连接着, 把它们置于光滑水平面上, 水平恒力大小分别为 F_1 和 F_2 , 分别作用在 A 和 B 上, 且 $F_1 > F_2$, 则弹簧的压缩量为 ()

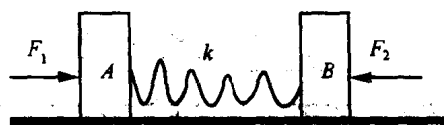


图 2-4

- A. $\frac{F_1 + F_2}{k}$ B. $\frac{F_1 - F_2}{k}$ C. $\frac{F_1 + F_2}{2k}$ D. $\frac{F_1 - F_2}{2k}$

5. 如图 2-5, A、B 两物体叠放在水平面上, 水平推力 F 作用于 B, 使 A、B 一起做匀加速运动, 若使 F 稍增大些, A、B 仍一起做匀加速运动, 则 A 与 B 和 B 与水平面间的摩擦力大小 f_1 和 f_2 的变化情况分别是 ()
A. f_1 不变 B. f_1 变大
C. f_2 不变 D. f_2 变大

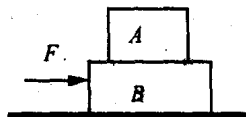


图 2-5

6. 物体 B 放在真空容器 A 内, 且 B 略小于 A, 将它们以初速度 v_0 竖直向上抛出, 如图 2-6, 下列说法正确的是 ()
A. 若不计空气阻力, 在它们上升过程中, B 对 A 的压力向下



B. 若不计空气阻力,在它们上升过程中, B 对 A 无压力

C. 若考虑空气阻力,在它们上升过程中, B 对 A 的压力向上

D. 若考虑空气阻力,在它们下落过程中, B 对 A 的压力向上

7. 如图 2-7,两重叠在一起的滑块,置于固定的倾角为 θ 的斜面上,如图,滑块 A、B 的质量分别为 M 、 m , A 与斜面间的动摩擦因数为 μ_1 , B 与 A 的动摩擦因数为 μ_2 . 已知两滑块都从斜面上由静止以相同的加速度滑下,滑块 B 受到的摩擦力为 ()

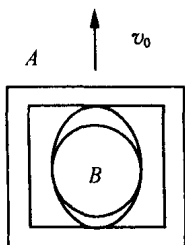


图 2-6

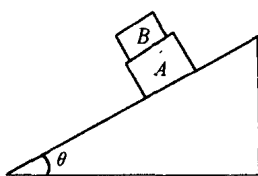


图 2-7

- ①方向沿斜面向下
②方向沿斜面向上
③大小等于 $\mu_1 mg \cos \theta$
④大小等于 $\mu_2 mg \cos \theta$

A. ①③ B. ②③ C. ①④ D. ②④

8. 物体 A 放在斜面体的斜面上,和斜面一起向右做匀加速运动,如图 2-8 所示.若物体 A 与斜面保持相对静止,物体 A 受到斜面对它的支持力和摩擦力的合力的方向可能是 ()

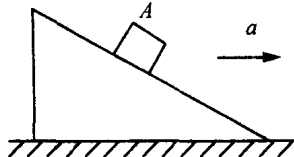


图 2-8

- A. 向右斜上方 B. 水平向右
C. 向右斜下方 D. 上述三种方向都不可能

9. 如图 2-9 所示,静止于光滑水平面上的小车上放一个木块,木块与水平弹簧相连,弹簧的另一端固定在车的前端,此时弹簧处于伸长状态.现施一力 F 拉车,使车加速, F 由零逐渐增加,直到木块即将相对滑动,在此过程中,木块所受摩擦力的大小的变化情况是 ()

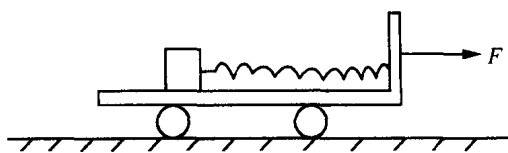


图 2-9

- A. 逐渐增大 B. 逐渐减小
C. 先增大后减小 D. 先减小后增大

10. 向空中发射一物体,不计空气阻力,当此物体的速度恰好沿水平方向时,物体炸成 A、B 两块,若质量较大的 A 块的速度方向仍沿原来的方向,则 ()
- A. B 的速度方向一定与原速度方向相反
B. 从炸裂到落地的这段时间内, A 飞行的水平距离一定比 B 的大
C. A、B 一定同时到达水平地面
D. 在炸裂过程中, A、B 受到的爆炸力的冲量大小一定相等

11. 在地面附近,沿水平方向抛出一个物体,不计空气阻力,关于物体在空中飞行运动的情况,以下说法正确的是 ()

- ①在相同时间间隔内,速度变化相同
②在相同时间间隔内,位移变化相同

③在相同时间间隔内,动量变化相同

④在相同时间间隔内,动能变化相同

A. ①② B. ①③ C. ②④ D. ③④

12. 如图 2-10,自动扶梯与地面夹角为 30° ,当扶梯沿斜面向上做匀加速运动时,人对梯面的压力是其重力的 $6/5$,则人与梯面之间摩擦力是重力的 ()

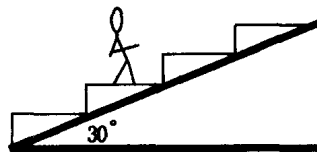


图 2-10

- A. 0 B. $2/5$
C. $\sqrt{3}/5$ D. 无法确定

13. 如图 2-11,竖直光滑杆上套有一小球和两根弹簧,两弹簧的一端各与小球相连,另一端分别用销钉 M、N 固定于杆上,小球处于静止状态,设拔去销钉 M 瞬间,小球加速度大小为 $12m/s^2$,若不拔去销钉 M 而拔去销钉 N 的瞬间,小球加速度可能是 ()



图 2-11

- A. $22m/s^2$, 竖直向上
B. $22m/s^2$, 竖直向下
C. $2m/s^2$, 竖直向上
D. $2m/s^2$, 竖直向下

14. 如图 2-12,质量为 $m = 2\text{kg}$ 的滑块,位于倾角为 30° 的光滑斜面上,斜面固定在升降机内.起初使滑块相对于斜面静止.当升降机以加速度 a 运动时,能使滑块自由静止在斜面上的加速度的大小和方向应是 ($g = 10m/s^2$) ()

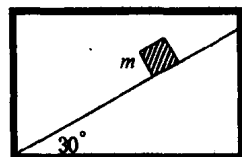


图 2-12

- A. $10m/s^2$, 向上 B. $10m/s^2$, 向下
C. $5m/s^2$, 向上 D. $5m/s^2$, 向下

15. 如图 2-13,将小球甲、乙、丙(都可以视为质点)分别从 A、B、C 三点由静止同时释放,最后都到达竖直面内圆弧的最低点 D,其中甲是从圆心 A 出发做自由落体运动,乙沿弦轨道从一端 B 到达另一端 D,丙沿圆弧轨道从 C 点运动到 D 点 (C 点离 D 点很近).如果忽略一切摩擦阻力,那么下列判断正确的是 ()

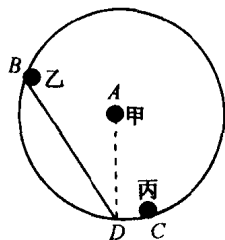


图 2-13

- A. 甲球最先到达 D 点,乙球最后到达 D 点
B. 甲球最先到达 D 点,丙球最后到达 D 点
C. 丙球最先到达 D 点,乙球最后到达 D 点
D. 甲球最先到达 D 点,无法判断哪个球最后到达 D 点

二、计算题

16. 一质量为 M , 倾角为 θ 的楔形木块,静止在水平桌面上,与桌面间的滑动摩擦系数为 μ . 一物块,质量为 m , 置于楔形木块的斜面上.物块与斜面的接触是光滑的.为了保持物块相对斜面静止,可用一水平力 F 推楔形木块,如图 2-14 所示.此水平力为多大?

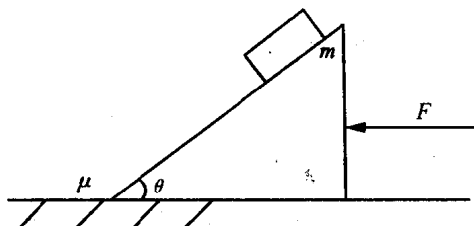


图 2-14

17. 如图 2-15, 有一只质量为 50kg 的小船(可视为质点)静止在河中, 南北两岸上分别有两人用绳子拉小船, 在南岸上的人施加的力 F_1 为 200N, 绳子方向与岸成 30° , 在北岸上的人施加的力 F_2 为 100N, 绳子方向与岸成 60° , 不计水的阻力, 现施加另一力 F_3 使小船沿河向正东方向行驶, 则:
- (1) F_3 最小应该为多少? 方向如何?
 - (2) 当 F_3 最小时小船行驶的加速度为多大?

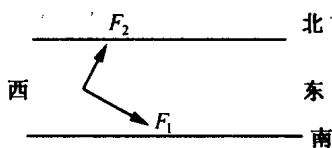


图 2-15

18. 质量为 $M=0.2\text{kg}$ 的长板静止在水平地面上, 与地面间动摩擦因数 $\mu_1=0.1$, 另一质量 $m=0.1\text{kg}$ 的小滑块以 0.9m/s 的初速度滑上长木板, 滑块与长木板间动摩擦因数 $\mu_2=0.4$, 求: 小滑块自滑上长木板到最后相对木板刚好静止的过程中, 它相对地运动的路程 ($g=10\text{m/s}^2$).
19. 如图 2-16 所示, 斜面的倾角为 37° ($\sin 37^\circ=0.6$), 物体 $m=5\text{kg}$, 斜面质量 $M=15\text{kg}$, 测得物体 m 以 5m/s^2 的加速度匀加速下滑, 斜面静止. 求:
- (1) 物体 m 下滑过程受到的摩擦力;
 - (2) 物体 m 下滑过程中地面对斜面支持力.

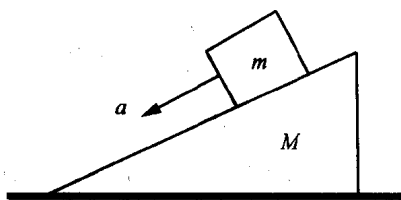


图 2-16

20. 如图 2-17, 弹簧的劲度系数为 k , 下端挂一个质量为 m 的物体, 上端固定在天花板上, 物体下面用托盘托住, 使弹簧恰好等于原长 L . 然后使托盘竖直向下做加速运动, 加速度恒为 a ($a < g$). 求:
- (1) 盘刚要脱离物体时, 弹簧伸长多少?
 - (2) 托盘脱离物体经历的时间是多少?

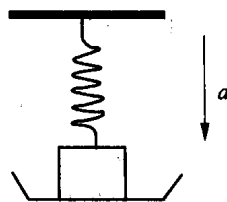


图 2-17

21. 如图 2-18, 上下两块质量分别为 m 和 M 的木块用劲度系数为 k 的轻弹簧连在一起, 放在水平地面上. 若将木块 m 压下一段距离后释放, 它就上下做简谐振动, 在振动过程中木块 M 刚好始终不离开地面(即对地面的最小压力为

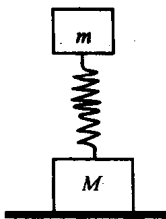


图 2-18

零). 求:

- (1) m 的最大加速度;
 - (2) M 对地面的最大压力.
22. 如图 2-19, 传输带与水平面间的倾角为 37° , 皮带以 10m/s 的速率运行, 在传输带上端 A 处无初速地放上质量为 0.5kg 的物体, 它与传输带间的动摩擦因数为 0.5 , 若传输带 A 到 B 的长度为 16m , 则物体从 A 运动到 B 的时间为多少?

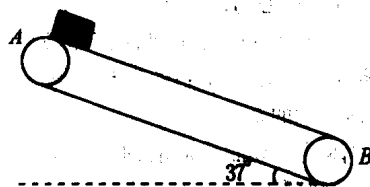


图 2-19

23. 在倾角为 θ 的长斜面上有一带风帆的滑块从静止开始沿斜面下滑, 滑块的质量为 m , 它与斜面间的动摩擦因数为 μ , 帆受到的空气阻力与滑块下滑的速度大小成正比, 即 $f=kv$.
- (1) 写出滑块下滑的加速度的表达式;
 - (2) 写出滑块下滑的最大速度的表达式;
 - (3) 若 $m=2\text{kg}$, $\theta=30^\circ$, $g=10\text{m/s}^2$, 滑块从静止开始沿斜面下滑的速度图线如图 2-20, 图中直线是 $t=0$ 时刻速度图线的切线, 由此求出 μ 和 k 的值.

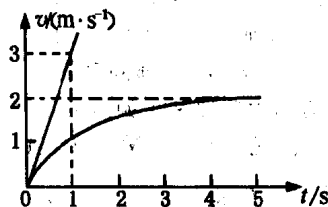


图 2-20

24. 一平板车质量 $m=100\text{kg}$, 停在水平路面上, 车身的平板离地面高 $h=1.25\text{m}$, 一质量 $m=50\text{kg}$ 的小物块置于平板上, 它到车尾的距离 $b=1\text{m}$, 与车板间的动摩擦因数 $\mu=0.2$, 如图 2-21, 今对平板车施加一水平方向的恒力, 使车向前行驶, 结果物块从车板上滑落. 物块刚离开车板的时刻, 车向前行驶的距离 $s_0=2\text{m}$, 求物块落地时, 落地点到车尾的水平距离 s (不计路面与车的摩擦, $g=10\text{m/s}^2$).

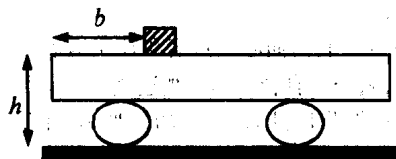


图 2-21

25. 将金属块 m 用压缩的轻弹簧卡在一个矩形的箱中, 如图 2-22, 在箱的上顶板和下底板装有压力传感器, 箱可以沿竖直轨道运动, 当箱以 $a=2\text{m/s}^2$ 的加速度竖直向上做匀减速运动时, 上顶板的压力传感器显示的压力为 6N , 下底板的压力传感器显示的压力为 10N ($g=10\text{m/s}^2$).

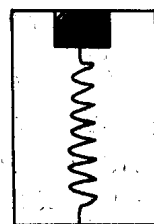


图 2-22

- (1) 若上顶板压力传感器的示数是下底板示数的一半, 试判断箱的运动情况;
- (2) 要使上顶板压力传感器示数为零, 箱沿竖直方向运动的情况可能是怎样的?



专题三 变力作用下的运动



知能目标

1. 熟练应用牛顿运动定律分析圆周运动中的向心力,并由一直线上提供向心力的实例能定量计算.
2. 理解和掌握万有引力定律,结合牛顿运动定律和圆周运动知识分析人造卫星运动规律,并理解第一宇宙速度的运算方法,了解天体运动的基本规律.
3. 了解物体做一般曲线运动的动力学规律,并能定性分析一般曲线运动问题.



综合脉络

1. 解答圆周运动动力学问题,首先必须明确研究对象运动的轨道平面和圆心的位置,以便确定向心力的方向和半径的大小.例如地球绕地轴自转,非赤道平面上的点做圆周运动的圆心不是地球球心,而是圆平面与地轴的交点.再如:带电粒子在匀强磁场中的圆周运动必须据特殊点作出有关半径的圆心,并据几何关系求出半径的大小.其次必须明确向心力是按效果来命名的力,它不是受力分析中的新的力,而是一个力或某几个力的合力.最后对圆周运动过程中的临界问题应加以分析,轻杆、轻绳、光滑轨道等名词均属隐含条件.

2. 应用万有引力定律和牛顿运动定律分析天体运动规律.万有引力提供向心力是动力学知识在圆周运动中的具体应用. $F_{引} = G \frac{Mm}{r^2}$ 为提供的向心力, $F_{向} = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$ 为需要的向心力,两者相等即把天体的运动看成是匀速圆周运动.

3. 重力、万有引力、向心力间的关系是,万有引力是形成地面物体所受重力的主要原因,因为地球自转对物体影响不大,所以近似可认为物体重力和地球对物体的万有引力相等,所以有 $g_0 = \frac{GM}{R_0^2}$,但地球上物体所受万有引力是地球上物体所受重力和绕地球自转向心力的合力,本质含义不同.而太空中环绕地球转动的物体所受的万有引力、重力和向心力是完全相同意义的.

4. 随地球自转的向心加速度和环绕运动的向心加速度的本质区别是,随地球自转的向心加速度是由地面上物体所受万有引力的一小部分提供的,对应的周期为 24h,环绕地球表面运行的向心加速度是由该物体所受的全部万有引力提供的,对应的近地卫星周期为 84min.

5. 卫星的发射速度和运行速度要区分,由公式 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{gr}$ 运算得到的为运行速度,随轨道变高, v 越小,但发射高空卫星要克服地球引力做功,表面看同质量的高空卫星比低空卫星具有较小的动能,但具有更大的势能,所以发射高空卫星需要更大的发射速度.解答天体运动类问题,涉及数值都较大,所以必须先进行字母运算,再进行数值计算.

在讨论有关卫星的问题时,还应从道理上明确卫星的运动过程.例如卫星的轨道半径变大时,线速度为什么会变小? 运转周期为什么会变长?



样题点击

[例 1] 如图 3-1 甲所示, A 、 B 是在真空中平行放置的金属板,加上电压后,它们之间的电场可视为匀强电场. A 、 B 两极板间距离 $d = 15\text{cm}$. 今在 A 、 B 两极板上加如图 3-1 乙所示的交变电压,交变电压的周期 $T = 1.0 \times 10^{-6}\text{s}$; $t = 0$ 时, A 板电势比 B 板电势高,电势差 $U_0 = 1080\text{V}$. 一个比荷为 $q/m = 1.0 \times 10^8\text{C/kg}$ 的带负电的粒子在 $t = 0$ 时从 B 板附近由静止开始运动,不计重力. 问:

- (1) 当粒子的位移为多大时,粒子速度第一次达最大值? 最大速度为多大?
- (2) 粒子运动过程中将与某一极板相碰撞,求粒子撞击极板时的速度大小.

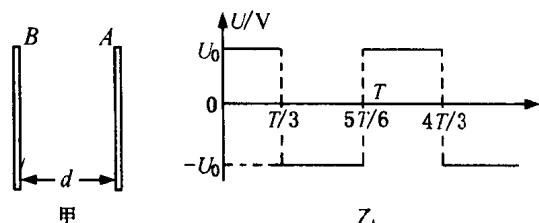


图 3-1

分析 这是很典型的变力作用下的直线运动.

(1) 在 $0 \sim T/3$ 时间内,粒子加速向 A 板运动,当 $t = T/3$ 时,粒子第一次达到最大速度.

根据牛顿第二定律可知,粒子运动的加速度 $a = \frac{F}{m} = \frac{qU_0}{md}$

设粒子的最大速度为 v_m ,此时的位移为 s ,则根据运动学公式有:

$$s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{qU_0 T^2}{2md \times 9} = 0.04\text{m}$$

$$v_m = at = \frac{qU_0 T}{md \times 3} = 2.4 \times 10^5\text{m/s}$$

(2) 粒子在第一周期的前 $2/3$ 时间内,先加速后减速向 A 板运动,位移为 s_A ;后 $T/3$ 内先加速后减速向 B 板运动,位移为 s_B . 以后的每个周期都将重复上述运动.

由于粒子在加速减速运动中的加速度大小相等,所以有:

$$s_A = 2s = 0.08\text{m}$$

$$s_B = 2s' = 2 \times \frac{1}{2} at'^2 = 2 \times \frac{qU_0}{2md} \left(\frac{T}{6}\right)^2 = 0.02\text{m}$$

所以粒子在一个周期内的位移为 $s_1 = s_A - s_B = 0.06\text{m}$

第二个周期末,粒子与 B 板的距离为 $s_2 = 2s_1 = 0.12\text{m}$. 此时粒子距离 A 板的距离为 $s_3 = d - s_2 = 0.03\text{m} < 0.04\text{m}$,表明粒子将在第三个周期内的前 $T/3$ 内到达 A 板. 设粒子达到 A 板时的速度为 v ,根据速度位移的关系有

$$v = \sqrt{2as} = \sqrt{\frac{2qU_0}{md} s_3} = 12\sqrt{3} \times 10^4\text{m/s}$$

[例 2] 一内壁光滑的环形细圆管,位于竖直平面内,环的半径为 R (比细管的内径大得多). 在圆管中有两个直径与细管内径相同的小球 (可视为质点). A 球的质量为 m_1 , B 球的质量为 m_2 . 它们沿环形圆管顺时针运动,经过最低点时的速



度都为 v_0 . 设 A 球运动到最低点时, B 球恰好运动到最高点, 若要此时两球作用于圆管的合力为零, 那么 m_1 、 m_2 、 R 与 v_0 应满足的关系式是_____.

分析 如图 3-2 所示, A 球运动到最低点时速度为 v_0 , A 球受到向下重力 m_1g 和细管向上弹力 N_1 的作用, 其合力提供向心力. 那么, $N_1 - m_1g = m_1 \frac{v_0^2}{R}$.

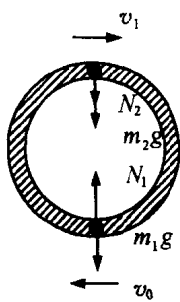


图 3-2

这时 B 球位于最高点, 速度为 v_1 , B 球受向下重力 m_2g 和细管弹力 N_2 作用. 球作用于细管的力是 N_1 、 N_2 的反作用力, 要求两球作用于细管的合力为零, 即要求 N_2 与 N_1 等值反向, $N_1 = N_2$, 且 N_2 方向一定向下, 对 B 球: $N_2 + m_2g = m_2 \frac{v_1^2}{R}$.

B 球由最高点运动到最低点时速度为 v_0 , 此过程中机械能守恒.

$$\text{即 } \frac{1}{2} m_2 v_1^2 + m_2 g 2R = \frac{1}{2} m_2 v_0^2$$

得到 m_1 、 m_2 、 R 与 v_0 满足的关系式是

$$(m_1 - m_2) \frac{v_0^2}{R} + (m_1 + 5m_2)g = 0$$

本题不要求求出某一物理量, 而是要求根据对两球运动的分析和受力的分析, 在建立基本方程的基础上得到 m_1 、 m_2 、 R 与 v_0 所满足的关系式. 由题意要求两球对圆管的合力为零, N_2 一定与 N_1 方向相反, 这一点是列式的关键.

【例 3】 已知物体从地球上的逃逸速度(第二宇宙速度) $v_2 = \sqrt{\frac{2GM_E}{R_E}}$, 其中 G 、 M_E 、 R_E 分别是引力常量、地球的质量和半径. 已知 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$. 求下列问题:

- (1) 逃逸速度大于真空中光速的天体叫做黑洞, 设某黑洞的质量等于太阳的质量 $M = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$, 求它的可能最大半径;
- (2) 在目前天文观测范围内, 物质的平均密度为 10^{-27} kg/m^3 , 如果认为我们的宇宙是这样一个均匀大球体, 其密度使得它的逃逸速度大于光在真空中的速度 c , 因此任何物体都不能脱离宇宙, 问宇宙的半径至少多大?

分析 (1) 对于黑洞模型, 其逃逸速度大于真空中的光速, 即 $v_2 > c$, $R < \frac{2GM}{c^2} = 3 \times 10^3 \text{ m}$.

(2) 把宇宙视为普通天体, 其逃逸速度大于光速, 即 $v_2 > c$, $R > \sqrt{\frac{3c^2}{8\pi\rho G}} = 4 \times 10^{26} \text{ m}$, 合 4.24×10^{10} 光年.

【例 4】 有一空间探测器对一球状行星进行探测, 发现该行星上无生命存在, 在其表面上, 却覆盖着一层厚厚的冻结的二氧化碳(干冰). 有人建议利用化学方法把二氧化碳分解为碳和氧气而在行星上面产生大气. 由于行星对大气的引力作用, 行星的表面就存在一定的大气压强. 如果 1s 分解可得到 10^5 kg 氧气, 要使行星表面附近得到的压强至少为 $p = 0.2 \text{ atm}$, 那么请你估算一下, 至少需要多少年的时间才能完成? 已知行星表面的温度较低, 在此情况下, 二氧化碳的蒸发可忽略不计. 探测器靠近行星表面运行的周期为 2h, 行星的半径 $r = 1750 \text{ km}$. 大气层的厚度与行星的半径相比很小. 结果保留两位有效数字.

分析 大气压强是大气受到行星的万有引力而产生的, 有

$$p = \frac{mg}{4\pi r^2}$$

由黄金代换式 $GM = gr^2$, 和 $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

得 $g = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$, 代入 $p = \frac{mg}{4\pi r^2}$

得 $m = \frac{pT^2 r}{\pi}$

故时间为 $t = \frac{pT^2 r}{\pi \cdot 10^5 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 1.5 \times 10^5$ (年)

【例 5】 2003 年 1 月 5 日晚, 在太空遨游 92 圈的“神舟”四号飞船返回舱按预定计划, 载着植物种子、邮品、纪念品等实验品, 安全降落在内蒙古中部草原.

“神舟”四号飞船在返回时先要进行姿态调整, 飞船的返回舱与留轨舱分离, 返回舱以近 8 km/s 的速度进入大气层, 当返回舱距地面 30 km 时, 返回舱上的回收发动机启动, 相继完成拉出天线、抛掉底盖等动作. 在飞船返回舱距地面 20 km 以下的高度后, 速度减为 200 m/s 而匀速下降, 此段过程中返回舱

所受空气阻力为 $f = \frac{1}{2} \rho v^2 S$, 式中 ρ 为大气的密度, v 是返回舱的运动速度, S 为与形状特征有关的阻力面积. 当返回舱距地面高度为 10 km 时, 打开面积为 1200 m^2 的降落伞, 直到速度达到 8.0 m/s 后匀速下落. 为实现软着陆(即着陆时返回舱的速度为 0), 当返回舱离地面 1.2 m 时反冲发动机点火, 使返回舱落地的速度减为 0, 返回舱此时的质量为 $2.7 \times 10^3 \text{ kg}$, 取 $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- (1) 用字母表示出返回舱在速度为 200 m/s 时的质量;
- (2) 分析打开降落伞到反冲发动机点火前, 返回舱的加速度和速度的变化情况;
- (3) 求反冲发动机的平均反推力的数值及反冲发动机对返回舱做的功.

解 (1) 当回收舱在速度为 200 m/s 时, 受到重力和阻力平衡而匀速下落,

根据牛顿第二定律 $mg - f = 0$

根据已知条件, 得 $mg - \frac{1}{2} \rho v^2 S = 0$

解得 $m = \frac{\rho v^2 S}{2g}$

(2) 在打开降落伞后, 返回舱的加速度先增大而后减小, 加速度方向向上. 返回舱的速度不断减少, 直到速度减小到 8.0 m/s 后匀速下落.

(3) 反冲发动机工作后, 使回收舱的速度由 8.0 m/s 减小为 0, 回收舱受重力的反冲力 F 作用做匀减速运动, 运动位移为 $h = 1.2 \text{ m}$, 根据动能定理

$$(mg - F)h = 0 - \frac{1}{2} mv^2$$

解得 $F = 9.9 \times 10^4 \text{ N}$

反冲发动机对返回舱做的功 $W = Fh = 1.2 \times 10^5 \text{ J}$



专题测试

一、选择题

1. 机车以下列两种方式启动, 且沿直线运动(设阻力不变)
 - 方式①: 机车以不变的额定功率启动
 - 方式②: 机车的启动功率先随速度均匀增加, 后保持额定功率不变.



图 3-3 的四个图象中,能够正确反映机车的速度 v 随时间变化的的是 ()

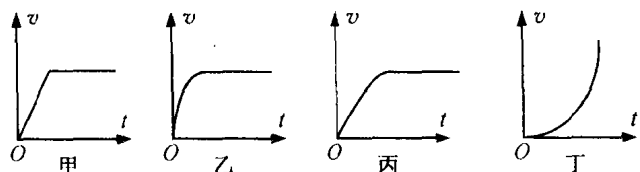


图 3-3

- A. 甲对应方式①,乙对应方式②
 B. 乙对应方式①,丙对应方式②
 C. 甲对应方式①,丙对应方式②
 D. 丙对应方式①,丁对应方式②
2. 钢球在很深的油槽中由静止开始下落,若油对球的阻力正比于其速率,则球的运动是 ()
 A. 先加速后减速最后静止 B. 先加速后匀速
 C. 先加速后减速直至匀速 D. 加速度逐渐减小到零
3. 竖直向上飞行的子弹,达到最高点后又返回原处,假设整个运动过程中,子弹受到的阻力与速度的大小成正比,则整个过程中,加速度的变化是 ()
 A. 始终变小 B. 始终变大
 C. 先变小后变大 D. 先变大后变小

4. 物体 A 放在物体 B 上,物体 B 放在光滑的水平面上,已知 $m_A = 6\text{kg}$, $m_B = 2\text{kg}$, A、B 间动摩擦因数 $\mu = 0.2$,如图 3-4 所示, A 物上系一细线,细线能承受的最大拉力是 20N,水平向右拉细线,下列叙述中正确的是 ($g = 10\text{m/s}^2$) ()
 A. 当拉力 $F < 12\text{N}$ 时, A 静止不动
 B. 当拉力 $F > 12\text{N}$ 时, A 相对 B 滑动
 C. 当拉力 $F = 16\text{N}$ 时, B 受 A 的摩擦力等于 4N
 D. 无论拉力 F 多大, A 相对 B 始终静止

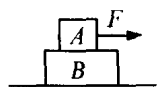


图 3-4

5. 如图 3-5,一轻质弹簧左端固定,右端系一小物块,物块与水平面各处动摩擦因数相同,弹簧无形变时物块位于 O 点,今先后分别把物块拉到 P_1 和 P_2 点由静止释放,物块都能运动到 O 点左方,设两次运动过程中物块速度最大位置分别为 Q_1 和 Q_2 ,则 Q_1 和 Q_2 点 ()

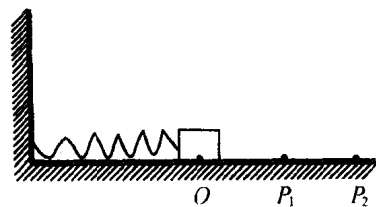


图 3-5

- A. 都在 O 点
 B. 都在 O 点右方,且 Q_1 离 O 点近
 C. 都在 O 点右方,且 Q_2 离 O 点近
 D. 都在 O 点右方,且 Q_1 、 Q_2 在同一位置
6. 图 3-6 为一皮带传动装置,主动轮 A 的半径为 R ,从动轮 B 的半径为 $2R$,P 点和 Q 点分别位于 A 轮和 B 轮的边缘上, M 点离 B 轮转轴为 R ,则 ()
 A. P 点的角速度等于 M 点的角速度的 2 倍
 B. M 点的加速度为 Q 点加速度的 2 倍

- C. P 点的加速度为 Q 点的加速度的 2 倍
 D. P 点的加速度为 M 点的加速度的 2 倍

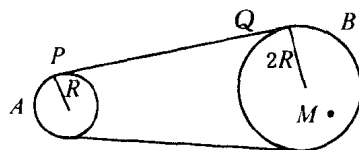


图 3-6

7. 质量为 M 的物体沿着半径为 R 的半球形金属球壳滑到最低点时的速度大小为 v ,如图 3-7 所示,若物体与球壳之间的摩擦因数为 μ ,则物体在最低点时的 ()
 A. 向心加速度为 v^2/r
 B. 向心力为 $m(g + v^2/r)$
 C. 对球壳的压力为 mv^2/r
 D. 受到的摩擦力 $\mu(mg + mv^2/r)$

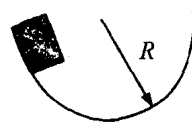


图 3-7

8. 如图 3-8,在匀速转动的水平盘上,沿半径方向放着用细线相连的质量相等的两个物体 A 和 B,它们与盘间的摩擦因数相同,当盘转动到两个物体刚好还未发生滑动时,烧断细线,则两个物体的运动情况是 ()
 A. 两物体均沿切线方向滑动
 B. 两物体均沿半径方向滑动,离圆盘圆心越来越远
 C. 两物体仍随圆盘一起做圆周运动,不发生滑动
 D. 物体 B 仍随圆盘一起做匀速圆周运动,物体 A 发生滑动,离圆盘越来越远

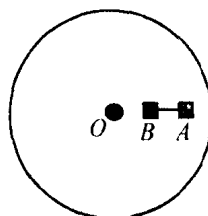


图 3-8

9. 如图 3-9 所示,一个小球沿竖直放置的光滑圆环轨道做圆周运动,圆环的半径为 R .关于小球的运动情况,下列说法中错误的是 ()
 A. 小球的线速度的方向时刻在变化,但总在圆周切线方向上
 B. 小球的加速度的方向时刻在变化,但总是向圆心的
 C. 小球的线速度的大小总大于或等于 \sqrt{Rg}
 D. 小球通过轨道最低点的加速度的大小一定大于 g

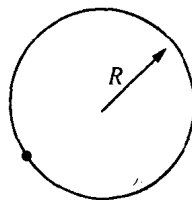


图 3-9

10. 小球在竖直放置的光滑圆环内做圆周运动,圆环半径为 r ,且刚能通过最高点,则球在最低点时的速率和对圆环的压力分别为 ()
 A. $4gr, 16mg$ B. $\sqrt{5gr}, 5mg$
 C. $2gr, 5mg$ D. $\sqrt{5gr}, 6mg$

11. 如图 3-10,小球 m 在竖直放置的光滑圆形管道内做圆周运动,下列说法中正确的是 ()

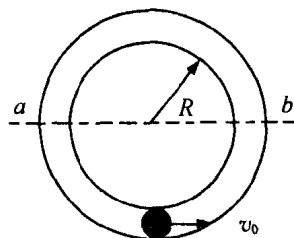


图 3-10

- A. 小球通过最高点时的最小速度 $v = \sqrt{gR}$
 B. 小球通过最高点时最小速度为 0



- C. 小球在水平线 ab 以下的管道中运动时内侧管壁对小球一定无作用力
 D. 小球在水平线 ab 以上的管道中运动时外侧管壁对小球一定有作用力

12. 一内壁粗糙的环形细圆管, 位于竖直平面内, 环的半径为 R (比细管的直径大得多), 在圆管中有一个直径与细管内径相同的小球 (可视为质点), 小球的质量为 m , 设某一时刻小球通过轨道的最低点时对管壁的压力为 $6mg$. 此后小球便做圆周运动, 经过半个圆周恰能通过最高点, 则在此过程中小球克服摩擦力所做的功是 ()

- A. $3mgR$ B. $2mgR$ C. mgR D. $mgR/2$

13. 如图 3-11 所示, 光滑管形圆轨道半径为 R (管径远小于 R), 两相同小球 a 、 b 质量均为 m , 其直径略小于管径, 能在管中无摩擦运动. 两球先后以相同速度 v 通过轨道最低点, 且当小球 a 在最低点时, 小球 b 在最高点, 以下说法错误的是 ()

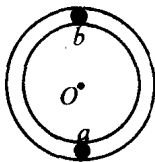


图 3-11

- A. 速度 v 至少为 $\sqrt{5gR}$, 才能使两球在管内做圆周运动
 B. 当 $v = \sqrt{5gR}$ 时, 小球 b 在轨道最高点对轨道无压力
 C. 当小球 b 在最高点且对轨道无压力时, 小球 a 比小球 b 所需向心力大 $4mg$
 D. 只要 $v \geq \sqrt{5gR}$, 小球 a 对轨道最低点压力比小球 b 对轨道最高点压力都大 $6mg$

14. 如图 3-12, 在质量为 M 的物体内, 有光滑的圆形轨道, 有一质量为 m 的小球在竖直平面内沿圆轨道做圆周运动, A 、 C 两点分别是轨道的最高点和最低点, B 、 D 两点与圆心 O 在同一水平面上, 在小球运动过程中, M 静止于地面, 那么关于 M 对地面的压力 N 和地面对 M 的摩擦力的方向, 正确的是 ()

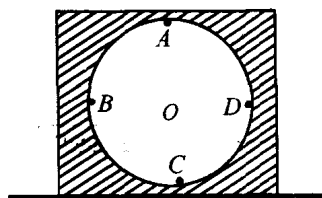


图 3-12

- A. 小球运动到 A 点时, $N > Mg$, 摩擦力方向向左
 B. 小球运动到 B 点时, $N > Mg$, 摩擦力方向向右
 C. 小球运动到 C 点时, $N > (m + M)g$, 地面与 M 无摩擦
 D. 小球运动到 D 点时, $N = (m + M)g$, 摩擦力方向向左

15. 图 3-13 所示为半径很大的光滑圆弧轨道上的一小段, 小球 B 静止在轨道的最低点 O 处, 另一小球 A 自圆弧轨道上 C 处静止滑下, 经过时间 t 与小块 B 发生弹性碰撞, 碰撞后两球分别在这段轨道上运动而未离开轨道时, 当两球第二次相遇时: ①相隔的时间为 $4t$; ②相隔的时间为 $2t$; ③仍将在 O 点相碰; ④可能在 O 点以外. 以上关于相隔时间和再次相碰的位置的判断正确的是 ()

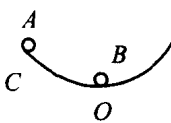


图 3-13

- A. ①③ B. ②③ C. ①④ D. ②④

16. 设行星 A 和 B 是两个均匀球体, A 与 B 的质量之比

$M_1:M_2=2:1$, 半径之比 $R_1:R_2=1:2$, 行星 A 的卫星 a 沿圆轨道运行的周期为 T_1 , 行星 B 的卫星 b 沿圆轨道运行的周期为 T_2 , 两卫星的圆轨道都非常接近各自的行星表面, 则它们运行的周期之比 $T_1:T_2$ 等于 ()

- A. 1:4 B. 1:2 C. 2:1 D. 4:1

17. 在圆轨道上运动的质量为 m 的人造地球卫星, 它到地面的距离等于地球半径 R , 地面上的重力加速度为 g , 则 ()

- A. 卫星运动的速度为 $\sqrt{2Rg}$
 B. 卫星运动的周期为 $4\pi\sqrt{2R/g}$
 C. 卫星运动的加速度为 $g/2$
 D. 卫星的动能为 $mgR/4$

18. 设想人类开发月球, 不断把月球上的矿藏搬运到地球上, 假定经过长时间开采后, 地球仍可看做是均匀的球体, 月球仍沿开采前的圆周轨道运动, 则与开采前相比 ()

- A. 地球与月球间的万有引力将变大
 B. 地球与月球间的万有引力将变小
 C. 月球绕地球运动的周期将变长
 D. 月球绕地球运动的周期将变短

19. 科学家们推测, 太阳系的第十颗行星就在地球的轨道上, 从地球上, 它永远在太阳的背面, 人类一直未能发现它, 可以说是“隐居”着的地球的“孪生兄弟”, 由以上信息可以确定 ()

- A. 这颗行星的公转周期与地球相等
 B. 这颗行星的半径等于地球的半径
 C. 这颗行星的密度等于地球的密度
 D. 这颗行星上同样存在着生命

20. 一颗人造地球卫星以初速度 v 发射后, 可绕地球做匀速圆周运动, 若使发射速度变为 $2v$, 则该卫星可能 ()

- A. 绕地球做匀速圆周运动, 周期变大
 B. 绕地球运动, 轨道变为椭圆
 C. 不绕地球运动, 成为太阳系的人造行星
 D. 挣脱太阳引力的束缚, 飞到太阳系以外的宇宙

21. 1998 年 1 月发射的“月球勘探者号”空间探测器, 运用高科技手段对月球进行近距离勘探. 在月球重力分布、磁场分布及元素测定等方面取得了最新成果. 探测在一些环形山中发现了质量密集地区, 当飞越这些地区时, 通过地面的大口径射电望远镜观察, “月球勘探者号”探测器的轨道参数发生了微小变化, 这些变化是 ()

- A. 半径变小, 速率变小
 B. 半径变小, 速率变大
 C. 半径变大, 速率变小
 D. 半径变大, 速率变大

22. 经长期观测人们在宇宙中已经发现了“双星系统”. “双星系统”是由两颗相距较近的恒星组成, 每个恒星的线度远小于两个星体之间的距离, 而且双星系统一般远离其他天体. 如图 3-14, 两颗星球组成的双星, 在相互之间的万有引力的作用下, 绕连线上的 O 点做周期相同的匀速圆周运动. 现测得两颗恒星之

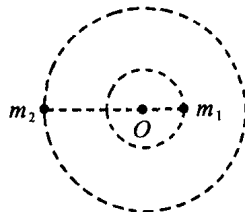


图 3-14