



全国著名特级高级教师编写

高中理科综合题解題題典

物理 化学 生物

第五版

李维坦 主编



东北师范大学出版社·长春

出版说明

“小学、初高中各科解题题典”丛书自出版以来，已走过了十个年头，在竞争激烈、强手如林的图书市场中，以不可遏制之势保持着多年的畅销态势，这不能不说是教辅图书销售中的一个奇迹。尽管考试的指挥棒一再变更方向，尽管教材不断更新面孔，但《题典》丛书始终以旺盛的生命力与每一位读者共同成长、进步。

新的世纪，新的教学理念，新的考试方向，新的教材，作为广大师生的亲密朋友，我们不可推卸的责任仍然是为中小學生提供质量精良、内容精当的新教辅。基于此，我们对《题典》丛书作了全面的创造性的更新，进行了第五次修订。新的《题典》汲取众家所长，不受教材版本的限制，既保持了原《题典》的多方面优势，又融会了新的教育观念，更加趋于完备，更加富于创新性。在今后的岁月中，它会充满活力地继续陪伴在中小學生身旁。新的《题典》具有以下特点：

一、遵循课程标准，但不拘泥于课程标准

丛书在编写过程中，本着“遵循课程标准，但不拘泥于课程标准”的原则，将小学、初中、高中各科中的知识要点以题解的形式作科学系统的归纳整理，梳理解题思路，培养学生利用已经掌握的知识解决问题和分析问题的能力。在题型设计上，转变过去较注重知识立意的方式，强调能力立意，增加应用型和能力型题型，且不为地设置难度极大的拔高题，而是循序渐进，步步深入，把握一定的区分度，突出理解、论证、实验能力的考查，并对可能产生疑惑的问题给予科学、详尽的解析，在分析答问中注意使其有利于学生思维的扩展，给学生留有广阔的思维空间。

二、实实在在的点拨，真真正正的实用

在目前的教育形势下，真正实用的教辅书应是对知识体系

的牢固掌握与培养创新精神的结合体,《题典》丛书无疑是一套具有多方优势的实用的教辅工具书。

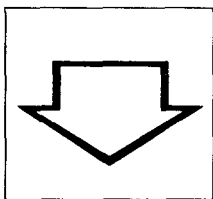
《题典》丛书囊括初高中语文、数学、英语、物理、化学、政治、地理、历史、生物,小学语文、数学各科,共三十余分册。丛书不仅对学生中共性的须掌握解决的问题予以整理、归纳、提炼,而且对部分习题的解题思路作适度、合理的延伸,以丰富学生的思维触角,扩展知识层面。对于某些学科中的重点部分,丛书又单列成册,如“初高中作文”、“初高中物理实验”、“初高中化学实验”、“文科综合题”、“理科综合题”、“高中古诗文阅读”等。丛书在题目设置上,注重典型性、实用性、灵活性,以期举一反三,触类旁通;在题型选择上,注重应用性、科学性、新颖性,以期稳中求进,开阔视野;在思路点拨上,注重可操作性、规律性,以期激发创新,拓展思维。整套书凝聚着编创人员的汗水和心血,体现着现代教育的精华。

三、专家、学者、一线教师携手之作

《题典》丛书的编写队伍,注重专家、学者和中小学一线特高级教师的紧密结合,以期各取所长,各展所能,优势互补,达到命题思想、能力考查、解题技巧的最佳组合。一线教师最贴近学生,最了解学生的实际需要,来自他们的提醒无疑是中肯、严谨的。

作为《题典》丛书的策划、编创人员,我们始终将“出精品,创名牌”作为出版宗旨,同时也相信,新《题典》会以更高的含金量,更丰富的信息,更深邃的内涵,使广大读者于激烈的竞争中脱颖而出,立于不败之地。我们希望能一如既往地得到广大朋友的热心支持,听到更多真诚的反馈意见,以便不断臻于完善。

东北师范大学出版社
第一编辑室



题典

目 录

第一部分 物 理

一	力 学	1
二	热 学	46
三	电 学	56
四	光 学	118
五	原子物理	137
六	综 合	147

第二部分 化 学

一	基本概念与基本理论	200
二	元素化合物	230
三	有机化学	258
四	化学实验	298
五	化学计算	330
六	综 合	354

第三部分 生 物

一	选择题	383
二	简答题	434
三	综合题	456

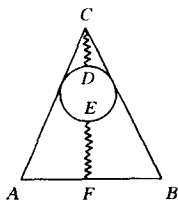
第四部分 学科综合题

第一部分 物理



如图所示,重 $G=10\text{ N}$ 的光滑小球与劲度系数均为 $k=1000\text{ N/m}$ 的上、下两轻弹簧相连,并与 AC, BC 两光滑平板相接触.若弹簧 CD 的拉伸量、 EF 的压缩量均为 $x=0.5\text{ cm}$,则小球受力的个数为 ()

- A. 2 个 B. 3 个
C. 4 个 D. 5 个

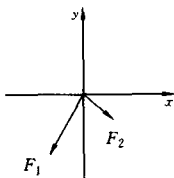


解 B. 上、下两弹簧弹力之和为 $T_1 + T_2 = 2kx = 10\text{ N}$, 与小球重力大小相等, 方向相反. 此时小球与两板虽接触但无挤压, 无形变, 两板对球不产生弹力. 故选项 B 正确.

若 F_1 和 F_2 合力方向竖直向下, 若保持 F_1 的大小和方向都不变, 保持 F_2 的大小不变, 而将 F_2 的方向在竖直平面内转过 60° 角, 合力的方向仍竖直向下, 下列说法中正确的是 ()

- A. F_1 一定大于 F_2 B. F_1 可能小于 F_2
C. F_2 的方向与水平面成 30° 角 D. F_1 的方向和 F_2 的方向成 60° 角

解 A, C. 因 F_1 和 F_2 的合力竖直向下, 则 F_1 和 F_2 的水平分量必大小相等, 方向相反, F_2 转过 60° 角后合力仍竖直向下, 则 F_2 的水平分量不变, 而竖直分量大小不变, 方向变为反向, 转动前后 F_2 关于 x 轴对称. 选项 C 正确. 如图所示, F_2 的竖直分量必定小于 F_1 的竖直分量才能满足转动后合力仍向下. 由数学关系可知



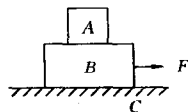
$$\begin{cases} F_1 \cos\theta = F_2 \cos 30^\circ \\ F_1 \sin\theta > F_2 \sin 30^\circ \end{cases} \therefore F_1^2 > F_2^2, \text{ 故 } F_1 > F_2.$$

如图所示, C 是水平地面, A 和 B 是两个长方形物块, F 是作用在物块 B 上沿水平方向的力, 物块 A 和 B 以相同的速度做匀速直线运动, 由此可知 A 与 B 间的动摩擦因数 μ_1 和 B 与 C 间的动摩擦因数 μ_2 有可能是 ()

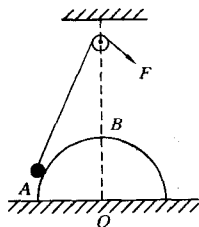
2 高中理科综合题解題典

- A. $\mu_1=0, \mu_2=0$ B. $\mu_1=0, \mu_2 \neq 0$
C. $\mu_1 \neq 0, \mu_2=0$ D. $\mu_1 \neq 0, \mu_2 \neq 0$

解 B,D. A 和 B 以相同的速度做匀速直线运动,故将 A,B 视为一个整体,其水平方向合力为零,所以 C 给 B 的摩擦力 $f=F$,方向水平向左,得 $\mu_2 \neq 0$,再隔离 A 进行受力分析,其水平方向合力也为零,得出 B 给 A 的摩擦力为零,因此 $\mu_1=0$ 或 $\mu_1 \neq 0$ 均可,故选项 B,D 正确.

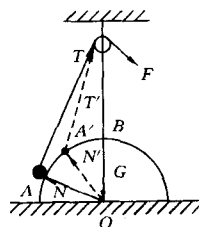


题 12 一个表面光滑的半球形物体固定在水平面上,其球心 O 的正上方一定高度处固定一个小滑轮,一根细绳的一端拴一个小球,置于球面上 A 点,另一端绕过定滑轮. 如图所示,现缓慢地拉动细绳的另一端,使小球沿球面从 A 向 B 运动,在拉到 B 前的过程中,小球所受球面的支持力 N 及细绳对小球的拉力 T 的变化情况是 ()



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

解 C. 小球受重力 G , 球面的支持力 N 和悬绳的拉力 T 三个力作用,由于小球始终缓慢移动,故小球处于动态平衡,合力为零,由三角形法则可知此三力一定能构成顺次首尾相接的封闭矢量三角形,如右图分析可知, N 不变, T 减小,选项 C 正确.



题 13 做直线运动的物体,经过 A,B 两点时的速度分别为 v_A 和 v_B ,经过 AB 中点 C 时速度 $v_C = \frac{1}{2}(v_A + v_B)$,且 AC 段匀加速直线运动,加速度为 a_1 ,BC 段也为匀加速直线运动,加速度为 a_2 ,则 a_1, a_2 的大小关系是 ()

- A. $a_1 > a_2$ B. $a_1 < a_2$
C. $a_1 = a_2$ D. 条件不足,无法判断

解 B.

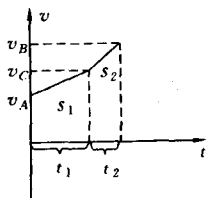
$$\text{方法一: } \because a_1 = \frac{v_C^2 - v_A^2}{2s}, a_2 = \frac{v_B^2 - v_C^2}{2s},$$

$$\begin{aligned} \therefore a_1 - a_2 &= \frac{2v_C^2 - (v_A^2 + v_B^2)}{2s} = \frac{2\left(\frac{v_A + v_B}{2}\right)^2 - (v_A^2 + v_B^2)}{2s} \\ &= -\frac{(v_A - v_B)^2}{4s} < 0, \end{aligned}$$

$$\therefore a_1 < a_2.$$

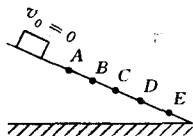
方法二:由题意作该运动的 $v-t$ 图像,如图所示.

已知 C 是 AB 的中点,故 $s_1 = s_2$,且 $v_C - v_A = v_B - v_C$,



因而一定有 $t_1 > t_2$, 又因 $a_1 = \frac{v_C - v_A}{t_1}$, $a_2 = \frac{v_B - v_C}{t_2}$, 故有 $a_1 < a_2$, 选项 B 正确.

一个物体从光滑斜面上由静止开始下滑, 在它通过的路径中取 AE 并分成相等的四段, 如图所示, v_B 表示小物体通过 B 点的瞬时速度, $\bar{v}$ 表示 AE 段的平均速度, 则 v_B 和 $\bar{v}$ 的关系是



A. $v_B = \bar{v}$

B. $v_B > \bar{v}$

C. $v_B < \bar{v}$

D. 以上三个关系都有可能

解 C. 本题可作如下设想: 若 $v_0 = 0$ 处取在 A 点, 则质点通过 AB 的时间与通过 BE 的时间相等, 原因是 $v_A = 0$, $AB : BE = 1 : 3$, 所以 $t_{AB} = t_{BE}$, 根据匀变速运动规律: 中间时刻的瞬时速度 = 这段时间内的平均速度, 可得出 $v_B = \bar{v}$, 但 $v_A \neq 0$, 因此 AE 段的中间时刻在 BC 之间, 且 v_A 越大, 中间时刻的瞬时速度越接近 v_C , 但永远达不到. 选项 C 正确.

一物体做匀变速直线运动, 某时刻速度大小为 4 m/s, 1 s 后, 速度的大小变为 10 m/s, 在这 1 s 内该物体的

A. 位移的大小可能大于 10 m

B. 位移的大小可能小于 4 m

C. 加速度的大小可能大于 10 m/s^2

D. 加速度的大小可能小于 4 m/s^2

解 B, C. 物体在 1 s 前后两速度有同向与反向两种情况:

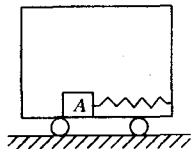
(1) 同向时, 位移大小 $s_1 = \frac{4+10}{2} \times 1 = 7 \text{ m}$;

加速度大小 $a_1 = \frac{10-4}{1} = 6 \text{ m/s}^2$.

(2) 反向时, 位移大小 $s_2 = \frac{10-4}{2} \times 1 = 3 \text{ m}$;

加速度大小 $a_2 = \frac{4+10}{1} = 14 \text{ m/s}^2$, 故选项 B, C 正确.

如图所示, 在水平面上, 质量为 10 kg 的物块 A 拴在一水平被拉伸弹簧的一端, 弹簧的另一端固定在小车上. 当它们都处于静止时, 弹簧对物块的弹力大小为 3 N, 若小车以 $a = 0.5 \text{ m/s}^2$ 的加速度水平向右匀加速运动时



A. 物块 A 受到的摩擦力方向不变

B. 物块 A 受到的摩擦力变小

C. 物块 A 受到的弹簧的拉力将增大

D. 物块 A 相对小车仍然静止

解 B, D. 当小车静止时, 物块 A 受到向左的静摩擦力 $f = 3 \text{ N}$, 当小车以 0.5 m/s^2 的加速度向右匀加速运动时, 若保持 A 与小车相对静止, A 必受到水平向右的 $F_{\text{合}} = ma = 5 \text{ N}$ 的合力作用, 由于静摩擦力是可以变化的, 只要在弹簧弹力 3 N 的基础上, 再提供水平向右的 2 N 的静摩擦力, 物块便可以随小车一起以相同的加速度运动, 因题设给出

4 高中理科综合题解题库典

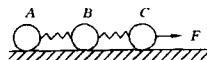
$f_m \geq 3 \text{ N}$, 故 A 相对小车仍然静止, 弹簧的拉力保持不变, 静摩擦力由水平向左的 3 N 变为水平向右的 2 N . 选项 B, D 正确.

题 17 下面说法中正确的是 ()

- A. 物体在恒力作用下不可能做曲线运动
- B. 物体在变力作用下有可能做曲线运动
- C. 物体在恒力作用下有可能做圆周运动
- D. 物体所受的力始终不与速度垂直, 则一定不做圆周运动

解 B. 物体做曲线运动的条件是力与速度不在一条直线上, 因此恒力作用下物体可做曲线运动(如平抛、斜抛运动等). 物体在变力作用下, 只要力与速度不在同一直线上便可做曲线运动(如圆周运动). 物体做圆周运动时, 所受的合外力方向必定变化, 因此物体在恒力作用下, 不可能做圆周运动. 只有匀速圆周运动的物体所受的合外力才始终与速度垂直, 而一般的非匀速圆周运动合外力并不始终与速度垂直(如竖直面内的非匀速圆周运动). 只有选项 B 正确.

题 18 如图所示 A, B, C 三个质量相同的小球, 在恒力 F 作用下沿光滑水平面做匀加速直线运动, 加速度为 a , 在撤去 F 的瞬间, 下列说法中正确的是 ()

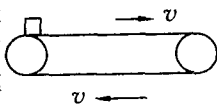


- A. 三球立即做匀速直线运动
- B. A, B 间弹簧弹力为 $F/3$, BC 间弹簧弹力为 $2F/3$
- C. 三球的加速度分别为 $a_C = -3a, a_B = 2a, a_A = a$
- D. 三球的加速度分别为 $a_C = -2a, a_B = a, a_A = a$

解 B, D. 撤去 F 的瞬间, 弹簧弹力大小不变, 撤去 F 前以整体为研究对象, $a = \frac{F}{3m}$.

对 A 有 $F_{AB} = ma = F/3$, 对 A, B 系统有 $F_{BC} = 2ma = \frac{2F}{3}$. 撤去 F 的瞬间, $a_C = \frac{-F_{BC}}{m} = -2a, a_B = \frac{F_{BC} - F_{AB}}{m} = \frac{F}{3m} = a, a_A = \frac{F_{AB}}{m} = a$, 故选项 B, D 正确.

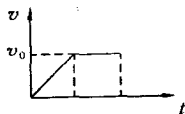
题 19 如图所示, 长为 L 的水平传送带以恒定速度 v_0 匀速运动, 现在其左端无初速度地放一个小木块, 设木块与水平传送带间动摩擦因数为 μ , 且放到水平传送带上时并不影响传送带的运动速率, 则木块运动到最右端所经历的时间可能为 ()



- A. $\frac{L}{v_0}$
- B. $\frac{L}{v_0} + \frac{v_0}{2\mu g}$
- C. $\sqrt{\frac{2L}{\mu g}}$
- D. $\frac{2L}{v_0}$

解 B, C, D. 物体无初速度地放在以恒定速率运动的水平传送带上: (1) 有可能先做匀加速运动, 当速度达到 v_0 以后, 再随传

送带一起以速度 v_0 做匀速运动. 如图所示, $t = \frac{v_0}{\mu g} + \frac{L - \frac{v_0^2}{2\mu g}}{v_0} =$



$$\frac{L}{v_0} + \frac{v_0}{2\mu g};$$

(2)有可能一直做匀加速直线运动. 到达最右端时,速度还没达到 v_0 ,

$$\text{则 } t = \sqrt{\frac{2L}{a}} = \sqrt{\frac{2L}{\mu g}};$$

(3)有可能一直做匀加速直线运动. 到达最右端时,速度恰好等于传送带的速度 v_0 , 则 $t = \frac{L}{v} = \frac{2L}{v_0}$; 所以 B, C, D 选项正确.

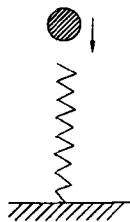
例 10 甲、乙两个物体从同一高度先后自由下落, 不计空气阻力, 则 ()

- A. 甲相对乙做匀加速直线运动 B. 甲相对乙静止
C. 甲相对乙做匀速直线运动 D. 甲相对乙做变加速直线运动

解 C. 甲、乙均做自由落体运动, 设先释放甲, 经时间 Δt 后释放乙, 取地面为参考系, 甲、乙下落高度分别为 $h_{\text{甲}} = \frac{1}{2}g(t + \Delta t)^2$, $h_{\text{乙}} = \frac{1}{2}gt^2$, $\Delta h = h_{\text{甲}} - h_{\text{乙}} = (g\Delta t)t + \frac{1}{2}g\Delta t^2 = vt + h_0$, 该式表明甲、乙两物体间的距离随时间线性增大. 甲、乙两物体下落的速度分别为 $v_{\text{甲}} = g(t + \Delta t)$, $v_{\text{乙}} = gt$, 甲、乙两物体下落时速度差 $\Delta v = v_{\text{甲}} - v_{\text{乙}} = g \cdot \Delta t = \text{恒量}$. 该式表明甲相对乙的速度不变, 即甲相对乙做匀速直线运动, 所以选项 A, B, D 错, C 正确.

例 11 如图所示, 一个铁球从竖立在地面上的轻弹簧正上方某处自由下落, 接触弹簧后将弹簧压缩, 在压缩的全过程中, 弹簧均为弹性形变, 那么当弹簧的压缩量最大时 ()

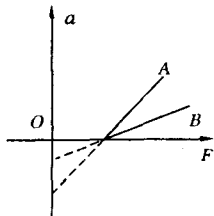
- A. 球所受合外力最大, 但不一定大于重力值
B. 球的加速度最大, 且一定大于重力加速度值
C. 球的加速度值最大, 有可能小于重力加速度值
D. 球所受弹力最大, 但不一定大于重力值



解 B. 铁球接触弹簧后的运动可视为竖直方向上的简谐运动, 假设铁球是从接触弹簧时开始运动的, 铁球将在此位置与最低点间做简谐运动. 由简谐运动规律可知: 接触弹簧时 $F_{\text{合}} = F_{\text{弹}} = mg$, 方向竖直向下. 铁球在最低点时 $F_{\text{合}} = F_{\text{弹}} = mg$, 方向竖直向上, 所以 $f_{\text{弹}} = 2mg$, $a = g$. 实际上由于小铁球是从轻弹簧正上方某处自由下落的, 故铁球将继续向下运动, 直至速度减为零, 此时铁球受到的合外力最大, 加速度最大, 且合外力大于重力, 加速度大于重力加速度. 选项 B 正确.

例 12 物体 A, B 都静止在同一水平面上, 它们的质量分别为 m_A, m_B , 与水平面间的动摩擦因数分别为 μ_A, μ_B , 用平行于水平面的拉力 F 分别拉物体 A, B 所得加速度 a 与拉力 F 的关系图像分别如图所示, 则可知 ()

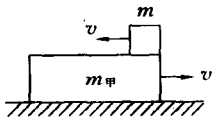
- A. $\mu_A = \mu_B, m_A < m_B$ B. $\mu_A < \mu_B, m_A > m_B$



C. 可能 $m_A = m_B$ D. $\mu_A > \mu_B, m_A < m_B$

解 D. 由牛顿第二定律可知, 物体运动的速度 $a = \frac{F - mg\mu}{m} = \frac{F}{m} - \mu g$, 该表达式为一次函数, 故在图像中直线的斜率为 $\frac{1}{m}$, 与 a 轴的截距大小为 μg . 由于 $k_A > k_B, \mu_A g > \mu_B g$, 故有 $m_A < m_B, \mu_A > \mu_B$. 选项 D 正确.

如图所示, 在光滑的水平面上, 有一质量为 $m_{\text{甲}} = 3$ kg 的薄板和质量 $m = 1$ kg 的物块, 都以 $v = 4$ m/s 的速度朝相反方向运动, 它们之间有摩擦, 薄板足够长, 当薄板的速度为 2.4 m/s 时, 物块的运动情况是 ()



A. 做加速运动

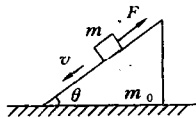
B. 做减速运动

C. 做匀速运动

D. 以上运动都有可能

解 A. 受力分析可知: $m_{\text{甲}}$ 总是向右运动, 取向右为正方向, 设最终速度为 v_3 , 由动量守恒定律得 $m_{\text{甲}} v - mv = (m_{\text{甲}} + m)v_3$, 所以 $v_3 = 2$ m/s, 而当薄板速度 $v_2 = 2.4$ m/s 时, 由 $m_{\text{甲}} v - mv = m_{\text{甲}} v_2 + mv'_3$, 代入数据得 $v'_3 = 0.8$ m/s, 方向向右, 且小于 v_3 , 故必处于加速运动状态.

如图所示, 斜面体倾角为 θ , 质量为 m_0 , 物体 m 在沿斜面向上的拉力 F 作用下沿斜面匀速下滑, 此过程中斜面体始终处于静止状态, 则水平面对斜面体 ()

A. 有水平向右的摩擦力, 大小为 $F \sin \theta$ B. 有水平向左的摩擦力, 大小为 $F \cos \theta$ C. 支持力为 $(m_0 + m)g$ D. 支持力小于 $(m_0 + m)g$

解 B, D. 以 m_0 和 m 整体为研究对象, 水平方向的力只有 $F \cos \theta$, 方向向右, 则地面对斜面体的摩擦力为 $F \cos \theta$, 方向向左, B 项正确. 在竖直方向有三个力: 地面支持力 N , 拉力 F 的竖直分力 $F \sin \theta$, 这二力方向向上, 重力 $(m_0 + m)g$, 方向向下. 由平衡条件知 $(m_0 + m)g = N + F \sin \theta$, 所以 $N < (m_0 + m)g$, D 项正确.

物体以一定的初速度冲上一个斜面, 测得它向上运动的时间为 t_1 , 滑回斜面底端的时间为 t_2 , 向上运动的最大距离为 s , 根据这些数据可以求出 ()

A. 初速度和末速度

B. 向上运动的加速度和向下运动的加速度

C. 摩擦力和动摩擦因数

D. 斜面倾角

解 A, B, D. 物体沿斜面向上做匀减速运动, 初速度为 v_0 , 末速度为零, 加速度大小
为 a_1 , 则 $v_0 = 2\bar{v} = \frac{2s}{t_1}$, $a_1 = \frac{v_0}{t_1} = \frac{2s}{t_1^2}$.

物体沿斜面向下做匀加速运动,初速度为零,末速度为 v_t , 则

$$v_t = 2\bar{v}' = \frac{2s}{t_2}, a_2 = \frac{v_t}{t_2} = \frac{2s}{t_2^2}.$$

$$\text{又} \because a_1 = g\sin\theta + \mu g\cos\theta, a_2 = g\sin\theta - \mu g\cos\theta,$$

$$\therefore \sin\theta = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{s}{g} \left(\frac{1}{t_1^2} + \frac{1}{t_2^2} \right),$$

$$\mu = \frac{a_1 - a_2}{2g} = \frac{s}{g} \left(\frac{1}{t_1^2} - \frac{1}{t_2^2} \right).$$

因 $f = \mu mg\cos\theta$, m 未知, 所以摩擦力 f 不能求出.

选项 A, B, D 正确.

例 10 人造卫星沿圆周轨道环绕地球运动, 因受大气阻力的作用, 其运动的高度将逐渐变化. 下述关于卫星运动的一些物理量的变化情况, 正确的是 (由于高度变化很慢, 在变化过程中的任一时刻, 仍可认为卫星满足圆周运动的规律) ()

- A. 线速度减小 B. 半径增大
C. 向心加速度增大 D. 周期增大

解 C. 假设轨道半径不变, 卫星受大气阻力作用使线速度减小, 因而需要的向心力应减小, 而提供的向心力 (万有引力没变) 大于需要的向心力, 所以卫星将做向心运动, 而使轨道半径逐渐减小, 根据公式 $v = \sqrt{\frac{Gm'}{r}}$ 可知 v 增大, 而 T 减小, 故 A, B, D 均不正确, 由于向心加速度 $a = \frac{F}{m} = \frac{Gm'}{r^2}$, r 减小, 所以 a 增大, 只有选项 C 正确.

例 11 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, 地球仍可看作均匀的球体, 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

解 B, D. 月球绕地球做匀速圆周运动, 万有引力提供向心力. 根据题意, 月球与地球的质量之和为一个常数. 两质量的差越大, 其乘积就越小, 即万有引力就越小, B 正确. 而线速度 $v = \sqrt{\frac{Gm'}{r}}$ 将变大, 月球绕地球运动的周期将变短, D 正确.

例 12 下列各组数据中, 能计算出地球质量的是 ()

- A. 地球绕太阳运行的周期及日地间的距离
B. 月球绕地球运行的周期及月地间的距离
C. 人造地球卫星的绕行速度和运动周期
D. 地球同步卫星离地面的高度及地球半径

解 B,C,D. 根据公式 $G \frac{mm'}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ 和 $T = \frac{2\pi r}{v}$ 可知

若地球绕太阳运行的周期为 T , 日地间距离为 r , 则能计算出太阳的质量 $m_{\text{日}} = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$, 但不能得出地球的质量, 所以 A 不正确. 但由 B 选项条件可计算地球的质量. 若同步卫星的轨道半径 $r = h + R$ 已知, $T = 24 \text{ h}$, 亦可计算出地球的质量. 若人造卫星的绕行速度及周期已知, 可以根据计算式

$$m_{\text{地}} = \frac{rv^2}{G} = \frac{v^3 T}{2\pi G} \text{ 求得地球质量.}$$

题 11 有甲、乙两颗人造地球卫星分别沿半径为 $R_{\text{甲}}, R_{\text{乙}}$ 的轨道绕地球做匀速圆周运动, 已知 $R_{\text{甲}} < R_{\text{乙}}$. 若用 $\omega_{\text{甲}}, \omega_{\text{乙}}$ 分别表示两卫星运行的角速度, $T_{\text{甲}}$ 和 $T_{\text{乙}}$ 分别表示两卫星运行的周期, $a_{\text{甲}}$ 和 $a_{\text{乙}}$ 分别表示两卫星的向心加速度, $F_{\text{甲}}$ 和 $F_{\text{乙}}$ 分别表示两卫星运行的向心力, 则 ()

- A. $\omega_{\text{甲}} < \omega_{\text{乙}}$ B. $T_{\text{甲}} < T_{\text{乙}}$ C. $a_{\text{甲}} < a_{\text{乙}}$ D. $F_{\text{甲}} = F_{\text{乙}}$

解 B. 卫星绕地球做匀速圆周运动的向心力由地球对它的引力提供. 设地球质量为 M , 由牛顿第二定律知

$$G \frac{m'm}{R^2} = m\omega^2 R, \text{ 则 } \omega = \sqrt{\frac{Gm'}{R^3}}.$$

由上式可知, 轨道半径大的卫星的旋转角速度小. 因为 $R_{\text{甲}} < R_{\text{乙}}$, 所以 $\omega_{\text{甲}} > \omega_{\text{乙}}$. 故选项 A 错误.

$$\text{又 } G \frac{m'm}{R^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 R, \text{ 则 } T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{Gm'}} = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}.$$

由上式可知, 轨道半径大的卫星的周期大.

因为 $R_{\text{甲}} < R_{\text{乙}}$, 所以 $T_{\text{甲}} < T_{\text{乙}}$.

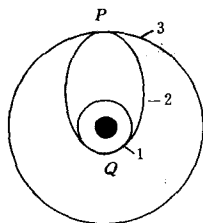
故选项 B 正确.

$$\text{又 } G \frac{m'm}{R^2} = ma, \text{ 则 } a = \frac{Gm'}{R^2}.$$

由上式可知, 轨道半径大的卫星的向心加速度小. 因为 $R_{\text{甲}} < R_{\text{乙}}$, 所以 $a_{\text{甲}} > a_{\text{乙}}$. 故选项 C 错误.

卫星绕地球做匀速圆周运动的向心力是地球对它的引力提供的. 即 $F_{\text{向}} = G \frac{m'm}{R^2}$, $F_{\text{向}}$ 的大小决定于 $\frac{m'}{R^2}$ 的比值, 现只知道 R 的大小, 不能确定 $F_{\text{向}}$ 的大小. 选项 D 错误.

题 12 发射地球同步卫星时, 先将卫星发射至近地圆轨道 1, 然后经点火, 使其沿椭圆轨道 2 运行, 最后再次点火, 将卫星送入同步圆轨道 3. 轨道 1 和 2 相切于 Q 点, 轨道 2 和 3 相切于 P 点, 如图所示, 则当卫星分别在 1, 2, 3 轨道上正常运行时, 以下说



法正确的是

()

- A. 卫星在轨道 3 上的速率大于在轨道 1 上的速率
 B. 卫星在轨道 3 上的角速度小于在轨道 1 上的角速度
 C. 卫星在轨道 1 上经过 Q 点时的加速度大于它在轨道 2 上经过 Q 点的加速度
 D. 卫星在轨道 2 上经过 P 点时的加速度等于它在轨道 3 上经过 P 点的加速度

解 B, D. 由 $G \frac{m'm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$, 得 $v = \sqrt{\frac{Gm'}{r}}$, $\because r_3 > r_1, \therefore v_3 < v_1$, 由 $G \frac{m'm}{r^2} = m\omega^2 r$ 得 $\omega = \sqrt{\frac{Gm'}{r^3}}$, $\because r_3 > r_1, \therefore \omega_3 < \omega_1$. 卫星在轨道 1 上经 Q 点时的加速度为地球引力产生的加速度. 而在轨道 2 上经过 Q 点时, 也只有地球引力产生加速度, 故应相等. 同理, 卫星在轨道 2 上经 P 点时的加速度等于它在轨道 3 上经过 P 点时的加速度, 故选项 B, D 正确.

题 2 甲、乙两球在水平光滑轨道上向同一方向运动, 已知它们的动量分别是 $p_1 = 5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, $p_2 = 7 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 甲从后面追上乙并发生碰撞, 碰后乙球的动量变为 $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 则两球质量 m_1 和 m_2 间的关系可能是

()

- A. $m_2 = m_1$ B. $m_2 = 2m_1$ C. $m_2 = 4m_1$ D. $m_2 = 6m_1$

解 C. 应用碰撞中的动量守恒得 $p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2$, $\therefore p'_1 = 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$.

(1) 由碰撞前后系统的总动能关系 $E_k \geq E'_k$, 得 $\frac{p_1^2}{2m_1} + \frac{p_2^2}{2m_2} \geq \frac{p'^2_1}{2m_1} + \frac{p'^2_2}{2m_2}$, $\frac{25}{m_1} + \frac{49}{m_2} \geq \frac{4}{m_1} + \frac{100}{m_2}$, 得 $m_2 \geq \frac{51}{21} m_1$.

(2) 又碰后, 甲、乙朝同一方向运动, 且是甲碰乙, 有 $v'_1 \leq v'_2$, 得 $\frac{2}{m_1} \leq \frac{10}{m_2}$, 则 $m_2 \leq 5m_1$.

由(1), (2)可知 C 选项正确.

题 3 一部自动扶梯以恒定的速率 v_1 运送乘客上同一层楼, 某乘客第一次站在扶梯上不动, 第二次以相对于扶梯的速率 v_2 沿扶梯匀速上走, 两次扶梯运客所做的功分别为 W_1 和 W_2 , 牵引力的功率分别为 P_1 和 P_2 , 则

()

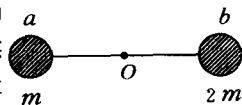
- A. $W_1 < W_2, P_1 < P_2$ B. $W_1 < W_2, P_1 = P_2$
 C. $W_1 = W_2, P_1 < P_2$ D. $W_1 > W_2, P_1 = P_2$

解 D. 由功能关系知: 第一次扶梯做功 W_1 等于乘客增加的势能, 即 $W_1 = mgh$; 第二次扶梯做功 W_2 再加上乘客自己所做的功等于乘客增加的势能, 故 $W_1 > W_2$, 对扶梯而言, F, v 未变, 故牵引力的功率保持不变.

题 4 如图所示, 在两个质量分别为 m 和 $2m$ 的小球 a 和 b 间, 用一根长为 l 的轻杆连接, 两小球可绕杆的中点 O 无摩擦地转动, 现使杆由水平位置无初速度地释放, 在杆转至竖直位置的过程中

()

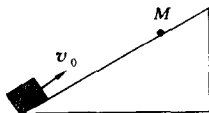
- A. b 球的重力势能减少, 动能增加, 机械能守恒



- B. 杆对 a 球的弹力对 a 球做正功
 C. a 球的机械能增加
 D. a 球和 b 球组成的系统, 总机械能守恒

解 B, C, D. a 和 b 两球组成的系统只有重力做功, 故系统总机械能守恒, a 球向上运动, 动能和势能均增大, 说明杆对 a 球的弹力做正功, 因此, 杆对 b 球的弹力做负功. b 球的势能减少, 机械能减少, 但动能是增加的, 故 B, C, D 正确.

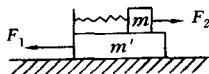
如图所示, 物体以 100 J 的初动能从斜面的底端向上运动, 当它通过斜面上的 M 点时, 其动能减少 80 J , 机械能减少 32 J , 如果物体能从斜面上返回底端, 则物体到达底端时的动能为



- A. 20 J B. 48 J C. 60 J D. 68 J

解 A. 由功能关系可知, 合外力对物体做的总功等于物体动能的增量, 重力做功等于物体重力势能的变化, 除重力(弹簧弹力)外其他力做功等于系统机械能的变化. 因此, 物体到 M 点时, 动能减少 80 J , 说明合外力做了 80 J 的负功, 机械能减少了 32 J , 说明滑动摩擦力做了 32 J 的负功, 由前面的分析可知重力做了 48 J 的负功, 又因为各力均为恒力, 有各力在斜面方向上大小关系为 $F_{\text{合}} : f : G_1 = 5 : 2 : 3$, 则到最高点时, 物体动能减少 100 J , 说明合外力做负功 100 J . 其中滑动摩擦力做负功 40 J , 重力做负功 60 J , 回到底端时滑动摩擦力又做负功 40 J , 往复重力做功为零, 故机械能损失 80 J . 此时动能应为 20 J , 故选项 A 正确.

如图所示, 小木块与长木板之间光滑, m' 置于光滑水平面上, 一轻质弹簧左端固定在 m' 的左端, 右端与 m 连接, 开始时 m 和 m' 都静止, 现同时对 m 和 m' 施加等大、反向的水平恒力 F_1 和 F_2 , 从两物体开始运动以后的整个过程中, 对 m 和 m' 弹簧组成的系统, 正确的说法是(整个过程中弹簧不超过其弹性限度)



- A. 由于 F_1 和 F_2 分别对 m 和 m' 做正功, 故系统的机械能不断增加
 B. 由于 F_1 和 F_2 等大反向, 故系统的动量守恒
 C. 当弹簧有最大伸长量时, m 和 m' 的速度为零, 系统具有机械能最大
 D. 当弹簧弹力的大小与拉力 F_1, F_2 的大小相等时, m 和 m' 的动能最大

解 B, C, D. 先将原图简化成如右图模型.

因为 F_1 与 F_2 等大反向, 对 m 和 m' 以及弹簧组成的



系统, 所受合外力为零, 所以系统动量守恒, 当弹簧的弹力由零增大到与 F_1 和 F_2 等大的过程中, m 和 m' 一直做加速运动, 此后做减速运动到弹簧伸长量最大时, 速度为零; 从开始运动到弹簧伸长量最大过程中, F_1 和 F_2 对系统做正功, 机械能增大, m 和 m' 从弹簧最大伸长量状态开始, 做反向加速运动, 克服 F_1 和 F_2 做功, 机械能减少, 且在弹簧的弹力减小到与 F_1, F_2 的大小相等时, 有最大速度, 由动量守恒

定律可知,此时的最大速度与弹簧伸长到弹力与 F_1, F_2 的大小相等时的速度大小相等,由此可知选项 B, C, D 正确。

【题 4】 如图所示,由轻质弹簧悬挂小球处于静止状态,并取此位置的小球重力势能为零,现将小球向下拉一段距离(弹簧仍在弹性限度内),然后放手,此后小球在竖直方向上做简谐运动(空气阻力不计)。则下列说法中正确的是 ()



- A. 小球的速度最大时,系统的势能为零
- B. 小球的速度最大时,其重力势能与弹簧的弹性势能相等
- C. 小球经平衡位置时,系统的势能最小
- D. 小球振动过程中,系统的机械能守恒

解 C, D. 小球振动过程中,只有重力和弹簧弹力做功,系统的机械能守恒,平衡位置就是弹簧弹力等于重力的位置,小球经平衡位置时,回复力为零,动能最大,势能最小,重力势能为零,但弹簧弹性势能不为零,选项 C, D 正确。

【题 5】 质量相等的 A, B 两物体以同样大小的初速度从同一高度同时抛出, A 平抛, B 斜上抛,若不计空气阻力,那么可以判定 ()

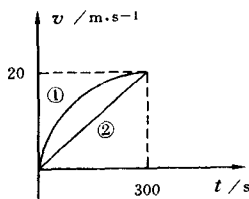
- A. 抛出后任一段时间, A 动量的增量都比 B 大
- B. 着地前任一时刻, A 动量都比 B 大
- C. 通过同一高度它们的动量大小相等
- D. 到达同一高度所需时间内它们所受冲量相等

解 B, C. 抛出后任一段时间内,重力的冲量都相等,根据动量定理,合外力的冲量等于物体动量的变化,故 A 动量的增量等于 B 动量的增量;在 A 着地前任意时刻, B 总在 A 的上方,可知 $v_A = \sqrt{v_B^2 + 2g\Delta h} > v_B$,得出结论:在着地前任一时刻, A 动量大于 B 动量;通过同一高度时,重力做功相同, A 和 B 动能增量相同,由于初动能相同,故 A, B 二者末动能相同,它们的动量大小相等,到达同一高度,它们运动的时间关系是 $t_A > t_B$,故 A 所受冲量大于 B 物体所受的冲量。选项 B, C 正确。

【题 6】 一列火车在恒定功率的牵引下由静止从车站出发,沿平直轨道运动,行驶 5 min 后,速度达到 20 m/s,设列车所受阻力恒定,则可以判定列车在这段时间内行驶的距离 ()

- A. 一定大于 3 km
- B. 可能等于 3 km
- C. 一定小于 3 km
- D. 条件不足,无法确定

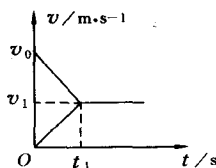
解 A. 机车以恒定功率行驶,根据 $P = Fv$ 可知, v 增加 F 减小。根据牛顿第二定律可知 $a = \frac{F - f}{m}$, a 减小,即机车做加速度减小的加速运动,分别画出该机车以恒定功率从静止运动的速度时间图像如图线①,而初速度为零的匀加速



直线运动的速度时间图像如图线②,比较两图线可知:图线②对应位移为 3 km,图线①对应位移大于 3 km. 故选项 A 正确.

长木板 A 放在光滑水平面上,质量为 m 的物块 B 以水平初速度 v_0 滑上 A 的水平上表面,它们的 $v-t$ 图像如图所示,则从图中所给出的数据(v_0, v_1, t_1)及物块质量 m 可以求出

()



- A. A 板获得的动能
- B. 系统损失的机械能
- C. 木板的最小长度
- D. A, B 之间的动摩擦因数

解 A, B, C, D. 由图像可知,滑块 B 以初速度 v_0 滑上木板 A 的上表面后, B 做匀减速运动, A 做匀加速运动,经时间 t_1 , A 和 B 达到共同速度,一起以速度 v_1 匀速运动,在此过程中

$$\text{对 } A, B \text{ 组成的体系有 } mv_0 = (m + m')v_1,$$

$$\text{对滑块 } B \text{ 有 } \mu mg t_1 = mv_0 - mv_1,$$

$$\mu mg(L + s) = \frac{1}{2}mv_0^2 - mv_1^2,$$

$$\text{对木板 } A \text{ 有 } \mu mgs = \frac{1}{2}mv_0^2,$$

$$\text{则木板获得的动能为 } E_{kA} = \frac{1}{2}m'v_1^2 = \frac{1}{2} \frac{m(v_0 - v_1)}{v_1} v_1^2 = \frac{1}{2}mv_1(v_0 - v_1),$$

A, B 系统损失的机械能为

$$\Delta E = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(m' + m)v_1^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_0v_1 = \frac{1}{2}mv_0(v_0 - v_1),$$

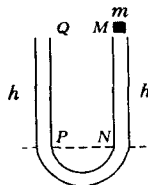
$$A, B \text{ 间动摩擦因数 } \mu = \frac{m(v_0 - v_1)}{mgt_1} = \frac{v_0 - v_1}{gt_1},$$

$$\text{木板的最小长度 } L = \frac{\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(m + m')v_1^2}{\mu mg} = \frac{1}{2}v_0 t_1.$$

故选项 A, B, C, D 均正确.

如图所示, MNPQ 为竖直放置的滑道, MN 段及 PQ 段光滑, 长度均为 h , NP 段为半圆形, N 和 P 在同一水平线上, 且 NP 段的摩擦不可忽略. 滑块 m 在 M 点由静止开始下滑, 不计空气阻力, 滑块滑过 NP 段后达 PQ 的中点, 然后滑块 m 再次下滑并滑至 PN 段, 下列判断正确的是

()



- A. 滑块 m 刚好到达 N 点
- B. 滑块 m 能够从 N 点冲出

C. 滑块 m 不能到达 N 点

D. 因 NP 段各处摩擦未知, 上述三种情况都可能

解 B. 滑块 m 由 M 点无初速度滑下, 在 MN 段机械能守恒, 在 NP 段克服摩擦阻力做功, 在 PQ 段机械能守恒, 由于只能到达 PQ 的中点, 可知在 NP 段克服阻力所做的功等于机械能的减少量, 为 $W_1 = \frac{1}{2}mgh$. 当滑块再次滑回至 PN 段时仍然要克服摩擦阻力做功, 但所做的功 $W_2 < W_1$. 这是因为 $f = \mu N$, 滑块 m 回来时由 $P \rightarrow N$ 所到达的各个位置的正压力都小于由 $N \rightarrow P$ 时, 例如, 在最低点处 $N = mg + m \frac{v^2}{R}$, m 回去时速率减小, 则正压力减小, 摩擦阻力 $f = \mu N$ 减小, 所以 $W_2 < W_1$, 滑块 m 滑回由 $P \rightarrow M$ 时损失的机械能小于 $\frac{1}{2}mgh$, 滑块 m 能够冲出 N 点继续上滑一段距离.

题 3.2 做简谐运动的弹簧振子, 其质量为 m , 最大速率为 v , 则下列说法中正确的是 ()

A. 从某时刻算起, 在半个周期内, 弹力做功一定为零

B. 从某时刻算起, 在半个周期内, 弹力做的功可能是零到 $\frac{1}{2}mv^2$ 之间的某一个值

C. 从某时刻算起, 在半个周期内, 弹力的冲量一定为零

D. 从某时刻算起, 在半个周期内, 弹力的冲量可能是零到 $2mv$ 之间的某一个值

解 A, D. 做简谐运动的弹簧振子, 在某一时间内, 弹力做功等于振子动能的增量, 在时间相差半个周期的两时刻, 振子的速度大小即速率一定相等, 故动能不变, 所以弹力做功一定为零. 在某一时间内, 弹力的冲量等于振子的动量增量, 在半个周期内, 若振子从一侧最大位移处运动到另一侧最大位移处, 则振子动量增量为零, 弹力冲量为零, 若振子在半个周期里两次连续通过平衡位置, 速度大小都为 v , 但方向相反, 则振子动量增量为 $2mv$, 此时弹力冲量为 $2mv$. 其他各种情况, 弹力冲量介于二者之间, 故在半个周期内, 弹力的冲量可能是零到 $2mv$ 之间的某一个值. 故 A, D 选项正确.

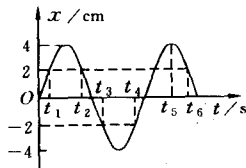
题 3.3 如图所示是一个弹簧振子在水平面内做简谐振动的振动图像, 则这个弹簧振子 ()

A. t_1 和 t_2 时刻具有相同的动能和动量

B. t_2 和 t_3 时刻具有相同的动能和动量

C. t_3 和 t_4 时刻具有相同的加速度

D. t_2 和 t_5 时刻所受回复力大小之比为 $1:2$



解 B, C, D. 由图像知, t_1 时刻振子的振动方向沿 x 轴正方向, t_2 时刻振子沿 x 轴负方向振动, 两时刻振子的动量方向不同, 动量不相等, 故选项 A 错误. t_2, t_3 时刻振子的振动方向都沿 x 轴的负方向, 两时刻离开平衡位置的距离又相等, 由简谐振动过程中弹簧振子系统的机械能守恒知 t_2, t_3 时刻振子的振动速度大小也相同, 故 t_2, t_3 时刻振子的动能和