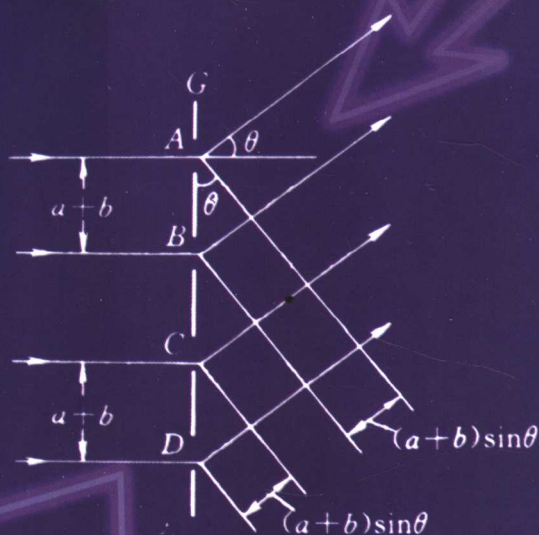


高职高专规划教材

物理学 学习指导

杨砚儒 主编

WULIXUEXUEXIZHIDAO



高职高专规划教材

物理学学习指导

杨砚儒 主编

机械工业出版社

本书是编者根据教育部物理课程指导委员会制定的“高等学校工程专科物理学课程教学基本要求”编写的。其目的是帮助读者了解本课程的基本要求，正确理解和掌握物理学的基本概念和基本定律，深入领会和学习物理学的研究方法，进一步培养和提高分析问题、解决问题的能力。书中每一章都包括基本要求、重点内容、本章小结、知识框图、习题及解答五部分内容。同时，为了让学生更好地了解物理学在其他专业中的应用，我们还特别编写了有关物理与新技术的内容。

本书既可作为高等学校工程专科物理学配套的辅助教材，也可作为成人教育的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

物理学学习指导/杨砚儒主编. —北京: 机械工业出版社, 2005.1
高职高专规划教材
ISBN 7-111-15522-X

I. 物... II. 杨... III. 物理学 - 高等学校: 技术学校 - 教学参考资料 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 111579 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 李永联 宋学敏

责任编辑: 徐进 版式设计: 张世琴 责任校对: 张媛

封面设计: 张静 责任印制: 杨曦

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5·7 印张·257 千字

定价: 19.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

前言

物理学作为一门基础理论学科，其重要性随着科学技术的发展而日益明显。许多边缘学科都是以物理学为基础而发展起来的，理工科学生只有打好物理学基础，才有可能在专业课学习及科研新领域开拓中取得较大的成就。为了使广大学生学好物理学，我们编写了这本学习指导书。

本书是编者根据教育部物理课程指导委员会制定的“高等学校工程专科物理学课程教学基本要求”编写的辅助教材。其目的是帮助读者了解本课程的基本要求，正确理解和掌握物理学的基本概念和基本定律，深入领会和学习物理学的研究方法，进一步培养和提高分析问题、解决问题的能力。书中每一章都包括基本要求、重点内容、本章小结、知识框图、习题及解答五部分内容。基本要求中简明扼要地介绍了每章必须掌握和熟练应用的内容，指出哪些概念必须理解，哪些只需了解即可；重点内容总结了本章的基本概念和基本规律；本章小结对全章的重点、难点进行了详细说明；知识框图中对全章内容作了概括和总结；习题及解答中对全部练习题作了精解。在物理和新技术中简单介绍了新能源、新材料、新技术的发展现状及物理学原理在工程技术中的应用。

本书由天津职业大学杨砚儒、刘莹莹编写。由于时间仓促、作者水平有限，不妥之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编者

目 录

前言	
第一章 守恒定律	1
第二章 流体运动	30
第三章 振动	42
第四章 波动	60
第五章 光的干涉	80
第六章 光的衍射和偏振	95
第七章 热力学定律	106
第八章 传导、对流与辐射	125
第九章 静电场和电介质	137
第十章 磁场和磁介质	156
第十一章 电磁感应	169
第十二章 激光	182
第十三章 等离子体	188
附录	192
参考文献	220

第一章

守恒定律

一、基本要求

1. 理解变力做功的概念、保守力做功的特点、弹性势能。
2. 掌握功能原理、机械能守恒定律。
3. 理解动量和动量守恒定律。
4. 理解角速度、角加速度、转动惯量的概念。
5. 掌握刚体定轴转动定律，理解角动量和角动量守恒定律。

二、重点内容

1. 功的定义

质点在力 $\boldsymbol{F}$ 的作用下有位移 $d\boldsymbol{s}$ ，则力做的元功 dA 定义为力 $\boldsymbol{F}$ 和位移 $d\boldsymbol{s}$ 的标积，即

$$dA = \boldsymbol{F} \cdot d\boldsymbol{s} = F ds \cos\theta$$

质点在变力 $\boldsymbol{F}$ 作用下由 a 运动到 b ，则力 $\boldsymbol{F}$ 做的功为

$$A_{ab} = \int_a^b \boldsymbol{F} \cdot d\boldsymbol{s}$$

说明：

- (1) 一定要指明是哪个力做功，笼统地说功是没有意义的。
- (2) 变力的功不仅和起点与终点位置有关，还和力的作用点经过的路径有关。
- (3) 功是标量，但有大小和正负之分。
- (4) 功是能量变化的量度，是过程量。
- (5) 恒力功是变力功的特例。

2. 保守力、弹性势能

(1) 保守力 若某力所做的功与受力质点经过的具体路径无关, 而只决定于质点的始、末位置, 则这个力称为保守力, 如重力和弹力等。

(2) 弹性势能 物体系统由于发生弹性形变而具有的势能, 称为弹性势能。物体系统内部物体间相对位置变化时, 保守力做的功等于势能增量的负值。即

$$A^{\text{ic}} = -\Delta E_p$$

3. 功能原理、机械能守恒、能量守恒定律

(1) 功能原理 外力和非保守内力对系统做的功等于系统机械能的增量, 即

$$\begin{aligned} A^e + A^{\text{ib}} &= (E_{k2} + E_{p2}) - (E_{k1} + E_{p1}) \\ &= E_2 - E_1 \end{aligned}$$

(2) 机械能守恒 一个物体系, 如果只有保守内力做功, 而其他非保守内力及外力都不做功, 则该物体系的各物体的动能与各种势能的总和保持不变, 即

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$

(3) 能量守恒定律 能量既不能创生, 也不能消灭, 只能从一种形式转换成另一种形式, 或者从一个物体传递到另一个物体。

4. 动量、动量定理、动量守恒定律

(1) 动量 一个物体的质量 m 跟它的运动速度 $\boldsymbol{v}$ 的乘积 $m\boldsymbol{v}$, 称为该物体的动量, 即

$$\boldsymbol{p} = m\boldsymbol{v}$$

(2) 动量定理 合外力的冲量等于质点 (或质点组) 动量的增量, 即
对质点:

$$\boldsymbol{F}dt = \boldsymbol{p}_2 - \boldsymbol{p}_1$$

对质点组:

$$\boldsymbol{F}dt = \sum_i \boldsymbol{p}_{2i} - \sum_i \boldsymbol{p}_{1i}$$

在直角坐标系中有:

$$F_x dt = p_{2x} - p_{1x}$$

$$F_y dt = p_{2y} - p_{1y}$$

$$F_z dt = p_{2z} - p_{1z}$$

(3) 动量守恒定律 当一个质点组所受的合外力为零时, 这一质点组的总动量保持不变, 即

当 $\sum \mathbf{F}_e = 0$ 时, $\sum \mathbf{p}_i = \sum m_i \mathbf{v}_i = \text{常量}$

在直角坐标系中有:

当 $\sum F_x = 0$ 时, $\sum m_i v_{ix} = p_x = \text{常量}$

当 $\sum F_y = 0$ 时, $\sum m_i v_{iy} = p_y = \text{常量}$

当 $\sum F_z = 0$ 时, $\sum m_i v_{iz} = p_z = \text{常量}$

5. 刚体定轴转动的描述

(1) 刚体 在一定条件下, 只考虑物体的大小和形状, 而它的形变很小可以忽略, 这样的物体称为刚体。

(2) 描述刚体定轴转动的物理量

角量: 角位移 $d\theta$

角速度 $\omega = d\theta/dt$

角加速度 $\alpha = d\omega/dt$

匀变速圆周运动学公式: $\omega = \omega_0 + \alpha t$

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\theta$$

线量与角量的关系: $ds = r d\theta$

$$v = r\omega$$

$$a_\tau = r\alpha$$

$$a_n = r\omega^2$$

(3) 刚体转动惯量的计算

若刚体为分立质点: $J = \sum_i m_i r_i^2$

若刚体为均匀连续体: $J = \int_m r^2 dm$

6. 刚体定轴转动规律

(1) 刚体的转动定律 刚体所受的合外力矩等于刚体转动惯量与角加速度

的乘积, 即

$$\sum M_e = J\alpha = J \frac{d\omega}{dt}$$

(2) 刚体的转动动能定理 合外力矩对刚体做的功, 等于刚体转动动能的增量, 即

$$A = \frac{1}{2} J\omega_2^2 - \frac{1}{2} J\omega_1^2 = \int_{\theta_1}^{\theta_2} M d\theta$$

(3) 刚体的角动量 $L = r \times m v = J\omega$

刚体的角动量定理: 合外力作用于刚体上的冲量矩, 等于刚体在作用时间内角动量的增量, 即

$$\int_{t_1}^{t_2} \sum M_e dt = L_2 - L_1$$

(4) 刚体角动量守恒定律 若刚体所受的合外力矩等于零 (或不受外力矩的作用), 则刚体的角动量保持不变, 即

$$L = \text{恒量}$$

三、本章小结

1. 在力学中, 不仅研究牛顿第二定律所阐明的力和加速度的瞬时关系, 而且还要研究力和力矩持续地作用在一个物体上对该物体所产生的积累效应。除此之外, 还研究守恒定律。由积累效应所得到的规律和守恒定律实质上都是牛顿定律的延伸或称为数学变形。

若物体运动的过程中, 物体间相互作用关系很复杂时, 直接用牛顿定律处理比较困难, 但若采用动能定理、功能原理、动量定理、角动量定理来求解时, 往往很简单。特别是用守恒定律来解题, 只需掌握系统在初、末两态的能量、动量、角动量, 而不必计算过程中有关的其他物理量, 这是一种优美而简洁的规律。物理学的发展表明, 能量、动量、角动量是更为基本的物理量。它们的守恒定律具有更广泛、更深刻的意义, 它们既适用于宏观世界又适用于微观领域; 既适用于实物又适用于场的物理量和运动规律。

2. 解题时, 要十分注意系统的划分与选取, 因为内、外力的区分是以系统的选取为前提的。例如重力做功, 若以物体自身为系统, 则属于外力做功; 但若以物体和地球为系统, 则属于保守内力做功。此外还要注意, 对任何一个规律, 其各物理量的数值均应相对于同一惯性系来计算。

3. 非保守力和耗散力。凡力做功的性质不满足保守力做功特点的, 统称

为非保守力，如磁力和摩擦力等。由于摩擦阻力做功消耗能量，故又称为耗散力。

4. 势能。当质点从保守力场中一点移到另一点，只要两点位置确定，其能量的相应变化也是确定的。由此可以设想，质点处在力场中某个位置时就应具有某种能量。它是一种潜在的能量，也叫势能。常见势能有：

重力势能 $E_p = mgh$ (取地面为势能零点)

弹性势能 $E_p = \frac{1}{2} kx^2$ (取弹簧原长为势能零点)

势能是相对的，它与势能零点选择有关；但势能差是绝对量，与势能零点选择无关。

5. 功和能是两个不同的概念。功是物体能量变化的一种量度。一般地说，它和物体经历的路程有关，因此它是一个过程量，而能量则是一个状态物理量。

6. 在应用动量守恒定律时，如果合外力不等于零，但在某个方向上分量为零时，则在该方向上的动量的分量守恒。

7. 质点的角动量与参考点的选择有关，同一质点在同一时刻对不同参考点的角动量是不相同的，角动量也叫动量矩。

8. 在三个守恒定律中，要注意动量和角动量是矢量，因此在应用守恒定律时，一定要考虑方向和大小两个因素。

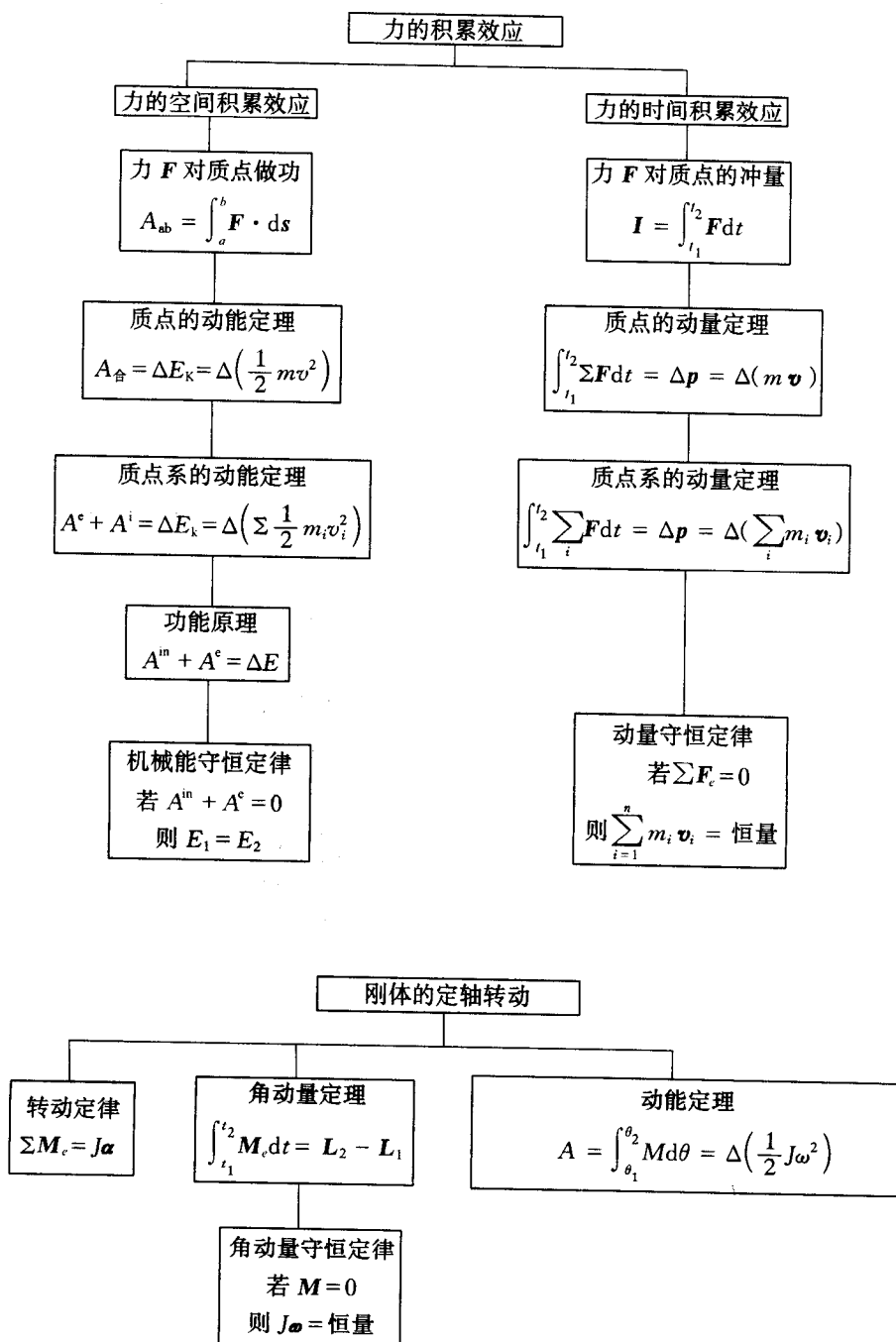
9. 掌握分析综合性问题的基本方法。必须明确整个问题是由哪几个物理过程组成的，每两个相邻的物理过程的联系是什么？然后分别对每个物理过程进行分析研究，根据问题的特点，分别列出方程，最后解联立方程。

10. 动量和动能都与质量和速度有关，但要注意两者的不同。物体的动量与动能都是物体运动的量度，但它们适用于不同的范畴。当物体以机械运动的方式进行运动的传递时，用动量来量度。如碰撞问题中，一物体失去动量的同时，另一物体获得相等的动量。物体动量的转移，反映了物体机械运动的转移。若物体运动形式并不局限于机械运动的范畴，而是从一种运动形式转换为另一种运动形式，例如机械运动转换为热运动或电磁运动时，物体的动能用来表示作机械运动的物体转换成其他形式运动的能力。

11. 关于动量守恒定律、动量矩守恒定律的应用。首先运用这两个守恒定律的物理条件不同。当质点系受的合外力恒为零时，质点系在任一时刻的总动量保持不变，质点系的内力不能改变质点系的总动量；当质点系受的合外力矩恒为零时，质点系在任一时刻的总动量矩保持不变，质点系的内力矩不会改变系统的总动量矩。



四、知识框图



五、习题及解答

(一) 选择题

1. 关于摩擦力, 正确的说法是_____。

- A. 摩擦力总是做负功
- B. 摩擦力的方向总是与物体运动的方向相反
- C. 静摩擦力总是阻碍物体的相对运动
- D. 静摩擦力总是与静摩擦因数有关

答案: [C]

提示: 根据静摩擦力的定义。

2. 一质点的运动方程为 $\mathbf{r} = (6t^2 - 1)\mathbf{i} + (3t^2 + 3t + 1)\mathbf{j}$, 则此质点的运动为_____。

- A. 变速运动, 质点所受合力是恒力
- B. 匀变速运动, 质点所受合力是变力
- C. 匀速运动, 质点所受合力是恒力
- D. 匀变速运动, 质点所受合力是恒力

答案: [D]

提示: 用微分法来确定。

3. 在下述说法中, 正确说法是_____。

- A. 在方向和大小都随时间变化的力作用下, 物体作匀速直线运动
- B. 在方向和大小都不随时间变化的力作用下, 物体作匀加速运动
- C. 在两个相互垂直的恒力作用下, 物体可以作匀速直线运动
- D. 在两个相互垂直的恒力作用下, 物体可以作匀速率曲线运动

答案: [B]

提示: 根据牛顿第二定律。

4. 假设月球上有丰富的矿藏, 将来可把月球上的矿石不断地运到地球上。若月球与地球之间的距离保持不变, 那么月球与地球之间的万有引力将_____。

- A. 越来越大
- B. 越来越小
- C. 先小后大
- D. 保持不变

答案: [D]

提示: 根据万有引力公式。

5. 关于势能, 正确的说法是_____。

- A. 重力势能总是正的
- B. 弹性势能总是负的
- C. 万有引力势能总是负的

D. 势能的正负只是相对于势能零点而言

答案: [D]

提示: 势能为相对量。

6. 一质点运动方程为 $\mathbf{r} = 2t\mathbf{i} + (18 - 3t)\mathbf{j}$, 则它的运动为_____。

- A. 匀速直线运动 B. 匀速率曲线运动
C. 匀加速直线运动 D. 匀加速曲线运动

答案: [A]

提示: 由微分法可知加速度为零。

7. 一质点在光滑平面上, 在外力作用下沿某一曲线运动, 若突然将外力撤消, 则该质点将作_____。

- A. 匀速率曲线运动 B. 匀速直线运动
C. 停止运动 D. 减速运动

答案: [B]

提示: 物体沿切线方向飞出。

8. 一刚度系数为 k , 原长为 L_0 的轻弹簧, 上端固定, 下端受一竖直方向的力 F 作用, 如图 1-1 所示。在力 F 作用下, 弹簧被缓慢向下拉长为 L , 在此过程中力 F 做功 $A =$ _____。

A. $F(L - L_0)$

B. $\int_0^{L-L_0} kx dx$

C. $\int_{L_0}^L kx dx$

D. $\int_{L_0}^L Fx dx$

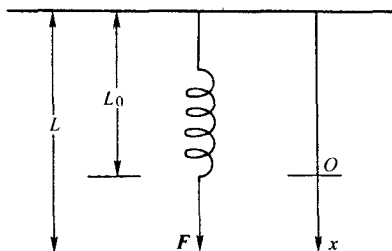


图 1-1

答案: [B]

提示: 根据变力做功。

9. 在一定时间间隔内, 若质点系所受_____, 则在该时间间隔内质点系的动量守恒。

- A. 外力矩始终为零
B. 外力做功始终为零
C. 外力矢量和始终为零
D. 内力矢量和始终为零

答案: [C]

提示: 根据动量守恒条件。

10. 质点作变速直线运动时, 速度和加速度的关系为_____。

- A. 速度为零, 加速度一定也为零
- B. 速度不为零, 加速度一定也不为零
- C. 加速度很大, 速度一定也很大
- D. 加速度减小, 速度的变化率一定也减小

答案: [D]

提示: 加速度等于速度的变化率。

11. 设物体在力 $F(x)$ 的作用下, 沿 x 轴从 x_1 移动到 x_2 。则力 F 在此过程中所做的功 $A =$ _____。

- A. $F(x) \cdot \Delta x$
- B. $\int_{x_1}^{x_2} F(x) dx$
- C. $\int_{x_1}^{x_2} F(x) dx$
- D. $\frac{1}{2} F(x)(x_2 - x_1)^2$

答案: [B]

提示: 根据变力做功。

12. P 物体以一定的功能 E_k 与静止的 Q 物体发生完全弹性碰撞后, 两物体的总动能为_____。

- A. $E_k/6$
- B. $E_k/3$
- C. $2E_k/3$
- D. E_k

答案: [D]

提示: 完全弹性碰撞能量守恒。

13. 在某一过程中如果_____, 则质点系对该点的角动量保持不变。

- A. 外力矢量和始终为零
- B. 外力做功始终为零
- C. 外力对参考点的力矩的矢量和始终为零
- D. 内力对参考点的力矩的矢量和始终为零

答案: [C]

提示: 根据角动量守恒条件。

14. 一物体作斜抛运动 (略去空气阻力), 在由抛出到落地的过程中_____。

- A. 物体的加速度是不断变化的
- B. 物体在最高点处的速率为零
- C. 物体在任一点处的切向加速度均不为零
- D. 物体在最高点处的法向加速度最大

答案: [D]

提示: 物体在最高点处向心力最大。

15. 关于下述说法, 正确的表述是_____。

- A. 质点作直线运动, 其角动量一定为零
- B. 质点作直线运动, 其角动量不一定为零
- C. 若质点系的总动量为零, 其总角动量一定为零
- D. 若质点系的总动量不为零, 其总角动量一定不为零

答案: [B]

提示: 质点作直线运动时, 质点的角动量不变。

16. 用铁锤将一铁钉击入木板, 铁钉受到的阻力与其进入木板内的深度成正比。设铁锤两次击打时的速度相同, 因而对铁钉所做的功也相同, 已知第一次把铁钉击入木板内 1cm, 则第二次继续击入的深度为_____。

- A. $\frac{1}{2}$ cm
- B. 1cm
- C. $\sqrt{2}$ cm
- D. $(\sqrt{2} - 1)$ cm

答案: [D]

提示: 根据功能原理。

17. 一个作直线运动的物体, 其速度 v 与时间 t 的关系曲线如图 1-2 所示, 设 t_1 到 t_2 时间内合力做功为 W_1 , t_2 到 t_3 时间内合力做功为 W_2 , t_3 到 t_4 时间内合力做功为 W_3 , 则下面叙述正确者为_____。

- A. $W_1 < 0$, $W_2 > 0$, $W_3 < 0$
- B. $W_1 > 0$, $W_2 < 0$, $W_3 > 0$
- C. $W_1 = 0$, $W_2 < 0$, $W_3 > 0$
- D. $W_1 = 0$, $W_2 < 0$, $W_3 < 0$

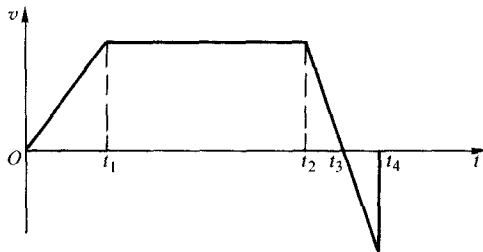


图 1-2

答案: [D]

提示: t_1 到 t_2 时间内合力为 0, 则 $W_1 = 0$;

t_2 到 t_3 时间内合力为负, 则 $W_2 < 0$;

t_3 到 t_4 时间内合力为负, 则 $W_3 < 0$ 。

18. 一竖直悬挂的轻弹簧下系一小球, 平衡时弹簧伸长量为 d 。现用手将

小球托住，使弹簧不伸长，然后将其释放，不计一切摩擦，则弹簧的最大伸长量为_____。

A. l

B. $\sqrt{2}l$

C. $2l$

D. 无法判定

答案：[C]

提示：根据功能原理。

19. 下列说法中哪一个正确？

A. 物体的动量不变，动能也不变

B. 物体的动能不变，动量也不变

C. 物体的动量变化，动能也一定变化

D. 物体的动能变化，动量却不一定变化

答案：[A]

提示：动量为矢量，动能为标量。

20. 质量为 m 的铁锤，从某一高度自由下降，与桩发生完全非弹性碰撞，设碰撞前锤速为 v ，打击时间为 Δt ，锤的质量不能忽略，则铁锤所受的平均冲击力为_____。

A. $\frac{mv}{\Delta t} + mg$

B. $\frac{mv}{\Delta t} - mg$

C. $\frac{mv}{\Delta t}$

D. $\frac{2mv}{\Delta t}$

答案：[A]

提示：由动量定理 $m\Delta v = \Sigma Ft$ 。

21. 一个不稳定的原子核，其质量为 M ，开始时是静止的，当它分裂出一个质量为 m 、速度为 v_0 的粒子后，原子核的其余部分沿相反方向反冲，则其反冲速度的大小为_____。

A. $\frac{mv_0}{M-m}$

B. $\frac{mv_0}{M}$

C. $\frac{M+m}{m}v_0$

D. $\frac{m}{M+m}v_0$

答案：[A]

提示：由动量守恒定律 $0 = mv_0 + (M-m)v$ 。

22. 一木块静止放在地面上，一子弹水平射入木块，若木块与地面的摩擦力可忽略，则在子弹射穿木块的过程中，_____。

A. 子弹的动量守恒

B. 子弹—木块系统的动量守恒



- C. 子弹动能的减少等于木块动能的增加
D. 子弹—木块系统的动量和机械能都守恒

答案: [B]

提示: 由动量守恒定律可得。

23. 一轻绳绕在具有水平转轴的定滑轮上, 绳下悬挂一质量为 m 的物体, 此时滑轮的角加速度为 α 。若将物体卸掉, 而用大小等于 mg 、方向向下的力拉绳子, 则滑轮的角加速度将_____。

- A. 不变
B. 变大
C. 变小
D. 无法判定

答案: [B]

提示: 由牛顿第二定律 $\Sigma F = ma$, 可知将物体卸掉换成等大的力, $\Sigma F = mg$, 但是总质量变小, 角加速度增大。

24. 花样滑冰运动员绕通过自身的竖直轴旋转, 开始时两臂伸开, 转动惯量为 J_0 , 角速度为 ω_0 ; 然后将两手臂合拢, 使转动惯量变为 $\frac{2J_0}{3}$, 则转动角速度 ω 变为_____。

- A. $\frac{2}{3}\omega_0$
B. $\frac{2}{\sqrt{3}}\omega_0$
C. $\frac{3}{2}\omega_0$
D. $\frac{\sqrt{3}}{2}\omega_0$

答案: [C]

提示: 由角动量守恒定律 $J\omega = J_0\omega_0$

25. 细棒可绕光滑水平轴转动, 该轴垂直地通过棒的一个端点, 今使棒从水平位置开始下摆, 在棒转到竖直位置的过程中, 棒的角速度和角加速度的变化情况是_____。

- A. ω 从小到大, α 从大到小
B. ω 从小到大, α 从小到大
C. ω 从大到小, α 从大到小
D. ω 从大到小, α 从小到大

答案: [A]

提示: 根据刚体定轴转动定律。

26. 三个完全相同的转轮绕一公共水平轴旋转, 它们的角速度大小相同, 但其中一个轮的转动方向与另外两个相反, 今沿轴的方向把三者紧靠在一起, 它们获得相同的角速度。此时系统的动能与原来三轮的总动能的比值为_____。