

新编大学物理教程

知识要点与习题解析 (第二版)

XINBIAN DAXUE WULI JIAOCHENG ZHISHI YAODIAN YU XITI JIEXI

主 编 ◉ 赵言诚 孙秋华

新编大学物理教程

知识要点与习题解析 (第二版)

XINBIAN DAXUE WULI JIAOCHENG ZHISHI YAODIAN YU XITI JIEXI

主 编 ◎ 赵言诚 孙秋华
副主编 ◎ 姜 宇 刘艳磊
姜海丽 姜富强
主 审 ◎ 孙伟民 张建中



图书在版编目(CIP)数据

新编大学物理教程知识要点与习题解析/赵言诚,
孙秋华主编.—2版.—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,
2018.2

ISBN 978-7-5661-1827-1

I. ①新… II. ①赵… ②孙… III. ①物理学—高等
学校—教学参考资料 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 021583 号

选题策划 周一瞳
责任编辑 张忠远 周一瞳
封面设计 博鑫设计

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 889 mm×1 194 mm 1/16
印 张 20.25
字 数 714 千字
版 次 2018 年 2 月第 2 版
印 次 2018 年 2 月第 1 次印刷
定 价 52.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

大学物理是理工科院校一门重要的基础课程,对培养学生的科学素养和创新能力起着重要的作用。要学好大学物理,除了课堂教学之外,课外进行一定数量的练习题计算训练,对于掌握物理学的知识和基本规律也是非常重要的一个环节。这有助于加深学生对基本概念、基本定律和原理的理解,有助于理论联系实际能力的锻炼,对培养分析问题、解决问题的能力具有极其重要的作用。

本书是依照教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版),为配合赵言诚等主编的《新编大学物理教程》而编写的,给出了《新编大学物理教程》中全部习题的详细解答。在解题过程中,我们力求做到思路明晰,解法简捷,突出物理概念和物理模型,注重分析和方法的介绍。

本书的编写宗旨是帮助读者掌握大学物理的基本概念、基本规律。每章按知识要点、书后习题解答、同步训练题和同步训练题答案四个模块编写,并在最后给出了围绕知识点的128道练习题,力求使读者深入理解基本内容,熟练掌握解题思路和方法,培养他们的科学素养和学习能力。愿本书能对读者学习大学物理有较大帮助。

全书由哈尔滨工程大学赵言诚统稿,孙秋华、赵言诚、姜宇、刘艳磊、姜海丽、姜富强、刘禄、麻文军、赵文辉、王锋、刘晓瑜、武立华等编写,孙伟民、张建中主审。

由于时间仓促,编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者指正。

编 者

2017年10月

目录

第1篇 力学 1

第1章 质点运动学	3
知识要点	3
书后习题解答	5
同步训练题	6
同步训练题答案	7
第2章 质点动力学	8
知识要点	8
书后习题解答	12
同步训练题	22
同步训练题答案	24
第3章 刚体力学基础	25
知识要点	25
书后习题解答	27
同步训练题	33
同步训练题答案	35

第2篇 振动与波动 37

第1章 机械振动	39
知识要点	39
书后习题解答	41
同步训练题	44
同步训练题答案	45
第2章 机械波	46
知识要点	46
书后习题解答	50
同步训练题	53
同步训练题答案	54

第3篇 光学 55

第1章 几何光学	57
知识要点	57

书后习题解答	58
同步训练题	60
同步训练题答案	60
第2章 光的干涉	61
知识要点	61
书后习题解答	63
同步训练题	68
同步训练题答案	69
第3章 光的衍射	70
知识要点	70
书后习题解答	72
同步训练题	74
同步训练题答案	75
第4章 光的偏振	76
知识要点	76
书后习题解答	77
同步训练题	79
同步训练题答案	80

第4篇 静电学 81

第1章 静电场	83
知识要点	83
书后习题解答	86
同步训练题	92
同步训练题答案	94
第2章 静电场中的导体和电介质	95
知识要点	95
书后习题解答	97
同步训练题	99
同步训练题答案	100

第5篇 磁学 101

第1章 恒定磁场	103
知识要点	103

书后习题解答	105
同步训练题	111
同步训练题答案	112
第2章 磁力	113
知识要点	113
书后习题解答	115
同步训练题	119
同步训练题答案	121
第3章 磁介质	122
知识要点	122
书后习题解答	123
同步训练题	126
同步训练题答案	126
第4章 电磁感应	127
知识要点	127
书后习题解答	128
同步训练题	136
同步训练题答案	138
第5章 电磁场 电磁波	139
知识要点	139
书后习题解答	140
同步训练题	142
同步训练题答案	143

第6篇 热 学 145

第1章 气体分子动理论	147
知识要点	147
书后习题解答	149
同步训练题	152
同步训练题答案	152
第2章 热力学基础	153
知识要点	153
书后习题解答	156
同步训练题	160
同步训练题答案	161

第7篇 近代物理 163

第1章 狭义相对论力学基础	165
知识要点	165
书后习题解答	167
同步训练题	170
同步训练题答案	170
第2章 波粒二象性	172
知识要点	172
书后习题解答	175
同步训练题	177
同步训练题答案	177
第3章 薛定谔方程	178
知识要点	178
书后习题解答	179
同步训练题	181
同步训练题答案	181
第4章 原子中的电子	182
知识要点	182
书后习题解答	184
同步训练题	185
同步训练题答案	185
参考文献	186

附录 大学物理练习题 189

第1篇 力学

第1章 质点运动学

知识要点

1.1 运动的描述

质点:具有一定质量的几何点。

参考系:描述质点运动时所选择的标准物。

1.2 位置矢量与位移矢量

1.2.1 位置矢量

位置矢量:描述质点空间位置的物理量,即

$$\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}(t) = x(t)\boldsymbol{i} + y(t)\boldsymbol{j} + z(t)\boldsymbol{k}$$

大小: $|\boldsymbol{r}| = r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

方向: $\cos \alpha = \frac{x}{r}, \cos \beta = \frac{y}{r}, \cos \gamma = \frac{z}{r}$

1.2.2 位移矢量

位移矢量:描述质点空间位置变化的物理量,即

$$\Delta \boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}(t + \Delta t) - \boldsymbol{r}(t) = \Delta x \boldsymbol{i} + \Delta y \boldsymbol{j} + \Delta z \boldsymbol{k}$$

大小: $|\Delta \boldsymbol{r}| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}, |\Delta \boldsymbol{r}| \neq \Delta r$

方向: $\cos \alpha = \frac{\Delta x}{|\Delta \boldsymbol{r}|}, \cos \beta = \frac{\Delta y}{|\Delta \boldsymbol{r}|}, \cos \gamma = \frac{\Delta z}{|\Delta \boldsymbol{r}|}$

1.3 速度与加速度

1.3.1 速度

速度矢量:描述质点空间位置变化快慢的物理量,即

$$\boldsymbol{v} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\boldsymbol{i} + \frac{dy}{dt}\boldsymbol{j} + \frac{dz}{dt}\boldsymbol{k}$$

$$\text{大小: } |v| = v = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

方向:沿质点轨迹前进一侧的切线方向。

1.3.2 加速度

加速度矢量:描述质点运动状态变化快慢的物理量,即

$$\boldsymbol{a} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \frac{d^2\boldsymbol{r}}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2}\boldsymbol{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\boldsymbol{j} + \frac{d^2z}{dt^2}\boldsymbol{k}$$

$$\text{大小: } |\boldsymbol{a}| = a = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2z}{dt^2}\right)^2} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

方向:与速度改变量方向一致。一般曲线运动中,加速度的方向指向曲线的凹侧。

1.4 运动举例

1.4.1 恒加速度运动

$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}_0 + \boldsymbol{a}t \quad \boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}_0 + \boldsymbol{v}_0t + \frac{1}{2}\boldsymbol{a}t^2$$

式中, $\boldsymbol{a}$ 为常矢量,初始条件为 $\boldsymbol{r}_0, \boldsymbol{v}_0$ 。

1.4.2 匀速率圆周运动

$$\text{向心加速度: } a_n = \frac{v^2}{R}$$

$$\text{周期: } T = \frac{2\pi R}{v}$$

1.4.3 曲线运动

$$\text{角速度: } \omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{v}{R}$$

$$\text{角加速度: } \beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$$\text{加速度: } \boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}_n + \boldsymbol{a}_t$$

$$\text{法向加速度: } a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2, \quad \text{指向圆心}$$

$$\text{切向加速度: } a_t = \frac{dv}{dt} = R\beta, \quad \text{与圆相切,指向运动方向}$$

1.4.4 抛体运动

$$a_x = 0, a_y = -g$$

$$v_x = v_0 \cos \theta, v_y = v_0 \sin \theta - gt$$

$$x = v_0 \cos \theta \cdot t, y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$$

1.5 相对运动

伽利略坐标变换: $\mathbf{r}_{PQ} = \mathbf{r}_{P'Q'} + \mathbf{r}_{O'Q}$

伽利略速度变换: $\mathbf{v}_{PQ} = \mathbf{v}_{P'Q'} + \mathbf{u}$

伽利略加速度变换: $\mathbf{a}_{PQ} = \mathbf{a}_{P'Q'} + \mathbf{a}$

书后习题解答

1-1-1 火星表面的重力加速度可以认为是 4 m/s^2 , 如果宇航员在火星表面以 10 m/s 的速度竖直向上抛出一苹果, 则苹果升高的时间、上升的高度、在 $t=2 \text{ s}$ 时的速度和位移各是多少?

解 苹果做匀减速直线运动, 由条件 $t=0$ 时, $v_0=10 \text{ m/s}$, $y_0=0$ 。

根据

$$v = v_0 + at, a = -4 \text{ m/s}^2$$

则有

$$t = 2.5 \text{ s}, y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2, y = 12.5 \text{ m}$$

当 $t=2 \text{ s}$ 时, $v=2 \text{ m/s}$, $y=12 \text{ m}$ 。

1-1-2 已知质点的运动学方程为 $\mathbf{r} = \left(5 + 2t - \frac{1}{2}t^2\right)\mathbf{i} + \left(4t + \frac{1}{3}t^3\right)\mathbf{j}$ (SI), 求当 $t=2 \text{ s}$ 时, 质点的速度和加速度。

解 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = (2-t)\mathbf{i} + (4+t^2)\mathbf{j}$

当 $t=2 \text{ s}$ 时, $\mathbf{v} = 8\mathbf{j}$, $\mathbf{a} = -\mathbf{i} + 2t\mathbf{j} = -\mathbf{i} + 4\mathbf{j}$ 。

1-1-3 在 x 轴上作变加速直线运动的质点, 已知其初速度为 v_0 , 初始位置为 x_0 , 加速度 $a = Ct^2$ (其中, C 为常量), 求该质点的运动学方程。

解 $a = \frac{dv}{dt}$, $dv = Ct^2 dt$

$$\int_{v_0}^v dv = \int_0^t Ct^2 dt, v = v_0 + \frac{1}{3} Ct^3$$

$$v = \frac{dx}{dt}, dx = \left(v_0 + \frac{1}{3} Ct^3\right) dt$$

$$\int_{x_0}^x dx = \int_0^t \left(v_0 + \frac{1}{3} Ct^3\right) dt, x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{12} Ct^4$$

1-1-4 一质点从静止出发沿半径 $R=1 \text{ m}$ 的圆周运动, 其角加速度随时间 t 的变化规律是 $\beta = 12t^2 - 6t$ (SI), 求质点的角速度和切向加速度。

解 $\beta = \frac{d\omega}{dt}$, $d\omega = (12t^2 - 6t) dt$

$$\int_0^\omega d\omega = \int_0^t (12t^2 - 6t) dt, \omega = 4t^3 - 3t^2$$

$$a_t = R\beta, a_t = 12t^2 - 6t$$

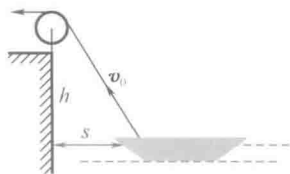


图 1-1-1

1-1-5 如图 1-1-1 所示,在离水面高度为 h 的岸边,有人用绳子拉船靠岸,船在距离岸边 s 处。当人以速率 v_0 匀速收绳时,船的速度和加速度各为多少?

解 以 l 表示船到定滑轮的绳长,则

$$v_0 = -\frac{dl}{dt}$$

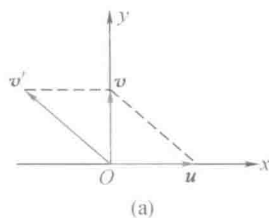
负号表示船在水面向岸运动。

由题意可知 $s = \sqrt{l^2 - h^2}$, 得到船的速度为

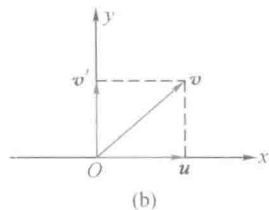
$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{l}{\sqrt{l^2 - h^2}} \frac{dl}{dt} = -\frac{\sqrt{s^2 + h^2}}{s} v_0$$

则船的加速度为

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dl} \cdot \frac{dl}{dt} = -\frac{h^2}{s^3} v_0^2$$



(a)



(b)

图 1-1-2

1-1-6 以相对水 0.70 m/s 的速率游泳的游泳者想通过 50 m 宽,水流速为 0.50 m/s 的一条河。(1)如果他想垂直河岸游过去,那么他的身体以什么样的角度游? 他相对河岸的实际速率是多少? 他游到对岸需花多长时间?(2)如果他要以最短路游到对岸,他的身体以什么样的角度游? 他相对河岸的实际速率是多少? 他游到对岸需花多长时间? 到达对岸时他顺流而下多远的距离?

解 坐标选取如图 1-1-2 所示,设人对岸的速度为 v ,人对水的速度为 v' ,水对岸的速度为 u ,有

$$v = v' + u$$

$$(1) \quad v' \cos \alpha = u, v' \sin \alpha = v$$

$$v = \sqrt{v'^2 - u^2} = 0.49 \text{ m/s}$$

人对岸的夹角为

$$\alpha = \arccos \frac{5}{7} = 44.4^\circ$$

$$t = \frac{l}{v} = 102 \text{ s}$$

$$(2) \quad v_x = u - v' \cos \alpha, v_y = v' \sin \alpha$$

$$x = (u - v' \cos \alpha) t \quad ①$$

$$y = (v' \sin \alpha) t \quad ②$$

由②式得,当 $\alpha = 90^\circ$ 时,时间最短,则

$$v_x = u, x = ut$$

$$v_y = v', y = v' t$$

$$v = \sqrt{v'^2 + u^2} = 0.86 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{l}{v} = 71.4 \text{ s}, x = 35.7 \text{ m}$$

同步训练题

1. 有一质点沿 x 轴作直线运动, t 时刻的坐标为 $x = 4.5 t^2 - 2 t^3 (\text{SI})$ 。试

求:(1)第2 s内的平均速度;(2)第2 s末的瞬时速度;(3)第2 s内的路程。

2. 一质点沿半径为 R 的圆周运动,质点所经过的弧长与时间的关系为 $S=bt+\frac{1}{2}ct^2$,其中, b 和 c 是大于零的常量。求从 $t=0$ 开始到切向加速度与法向加速度大小相等时所经历的时间。

3. 一质点沿 x 轴运动,其加速度为 $a=4t(\text{SI})$,已知 $t=0$ 时,质点位于 $x=10\text{ m}$ 处,初速度 $v_0=0$ 。试求该质点的运动方程。

4. 以水平初速度 v_0 射出一发子弹,取枪口为原点,沿 v_0 方向为 x 轴,竖直向下为 y 轴,并取发射时刻 t 为 0。试求:(1)子弹的运动方程及轨迹方程;(2)子弹在 t 时刻的速度、切向加速度和法向加速度。

5. 一质点从静止开始作直线运动,开始时加速度为 a_0 ,此后加速度随时间均匀增加。经过时间 τ 后,加速度为 $2a_0$;经过时间 2τ 后,加速度为 $3a_0$ ……求经过时间 $n\tau$ 后该质点的速度和走过的距离。

6. 河水自西向东流动,速度为 10 km/h 。一轮船在水中航行,船相对于河水的航向为北偏西 30° ,相对于河水的航速为 20 km/h ,此时风向为正西,风速为 10 km/h 。求在船上观察到的烟囱冒出的烟缕的飘向(设烟离开烟囱后很快就获得与风相同的速度)。

同步训练题答案

1. (1) $v=-0.5\text{ m/s}$; (2) $v_{t-2}=-6\text{ m/s}$; (3) $S=2.25\text{ m}$

2. $t=\sqrt{\frac{R}{c}}-\frac{b}{c}$

3. $x=\frac{2}{3}t^3+10(\text{SI})$

4. (1) $x=v_0t$, $y=\frac{1}{2}gt^2$; $y=\frac{1}{2}x^2\frac{g}{v_0^2}$

(2) $v_x=v_0$, $v_y=gt$; $a_t=\frac{g^2t}{\sqrt{v_0^2+g^2t^2}}$; $a_n=\frac{v_0g}{\sqrt{v_0^2+g^2t^2}}$

5. $v_{n\tau}=\frac{1}{2}n(n+2)a_0\tau$; $s_{n\tau}=\frac{1}{6}n^2(n+3)a_0\tau^2$

6. 在船上观察到的烟缕的飘向为南偏西 30°

第2章 质点动力学

知识要点

2.1 牛顿运动定律

2.1.1 牛顿第一定律

牛顿第一定律:任何物体都要保持其静止或匀速直线运动状态,直到有力迫使它改变这种状态为止。

2.1.2 牛顿第二定律

牛顿第二定律:物体受到外力作用时,所获得加速度的大小与合外力的大小成正比,与物体的质量成反比,加速度的方向与合外力的方向相同,即

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\mathbf{v})$$

当 m 为常数(或物体运动速度远小于光速)时, $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ 。

2.1.3 牛顿第三定律

牛顿第三定律:两物体间的作用力 $\mathbf{F}$ 和反作用力 $\mathbf{F}'$ 总是大小相等,方向相反,并且作用在一条直线上。其数学表达式为

$$\mathbf{F} = -\mathbf{F}'$$

2.1.4 自然界中常见的几种力

1. 万有引力:在两个相距为 r , 质量分别为 m_1 和 m_2 的质点间有万有引力,其方向沿着它们的连线,其大小与它们质量的乘积成正比,与它们之间距离的二次方成反比,即

$$\mathbf{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \mathbf{r}$$

式中, G 称为引力常数, $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ 。

重力:地球对地面附近物体的万有引力,即

$$\mathbf{P} = m\mathbf{g}, \mathbf{g} = \frac{GM_E}{R^2}, \quad M_E \text{ 为地球质量, } R \text{ 为地球半径}$$

2. 弹性力:物体因形变而产生欲使其恢复原来形状的力。常见的弹性力

有弹簧被拉伸或压缩时产生的弹簧的弹性力,绳索被拉紧时所产生的张力,重物放在支撑面上所产生的正压力和支持力等。

3. 摩擦力:两个相互接触的物体间有相对运动或相对运动趋势时产生的一对阻碍其运动的力,包括滑动摩擦力和静摩擦力。

滑动摩擦力: $F_f = \mu F_N$

静摩擦力: $F_{f_0} \leq \mu_0 F_N$

2.1.5 牛顿运动定律的应用

用牛顿运动定律解题的基本思路:

- (1) 确定研究对象并进行受力分析;
- (2) 根据研究对象建立合适的坐标系;
- (3) 用牛顿运动定律的分量式列方程;
- (4) 利用其他约束条件列补充方程;
- (5) 先用字母符号求解,然后带入数据计算结果。

2.2 非惯性系与惯性力

2.2.1 惯性系

惯性参考系:牛顿定律成立的参考系,简称惯性系;反之,称为非惯性系。

力学相对性原理:对于不同惯性系,牛顿力学的规律都具有相同的形式,在一惯性系内部所做的任何力学实验都不能确定该惯性系相对于其他惯性系是否在运动。

2.2.2 惯性力

惯性力:在非惯性系中观察到的,由于物体的惯性引起的一种虚拟力,其大小等于物体的质量与其加速度的乘积。

2.3 质点和质点系的动量定理

2.3.1 质点的动量定理

质点动量定理:作用于质点合外力的冲量等于质点动量的增量,即

$$\mathbf{F} \cdot dt = d\mathbf{p}$$

或者
$$\mathbf{I} = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F}(t) \cdot dt = \mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1 = m\mathbf{v}_2 - m\mathbf{v}_1$$

2.3.2 质点系的动量定理

质点系动量定理:作用于质点系的合外力的冲量等于质点系动量的增量,即

$$\mathbf{F}^{\text{ex}} \cdot dt = d\mathbf{p}$$

或者
$$\mathbf{I} = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F}^{\text{ex}}(t) \cdot dt = \sum_{i=1}^n m_i \mathbf{v}_i - \sum_{i=1}^n m_i \mathbf{v}_{i0}$$

2.4 质点系的动量守恒定律

当质点系所受合外力为零,即 $F^{\text{ex}}=0$ 时,其总动量保持不变,即

$$p = \sum_{i=1}^n m_i v_i = \text{常矢量}$$

2.5 质心和质心运动定理

2.5.1 质心

质量离散分布:

$$r_c = \frac{\sum_i m_i r_i}{\sum_i m_i}$$

质量连续分布:

$$r_c = \frac{\int r dm}{\int dm}$$

2.5.2 质心运动定理

质心运动定理:质点系所受到的合外力等于质点系的总质量与质心加速度的乘积,其数学表达式为 $F = ma_c$ 。

2.6 变力的功和动能定理

2.6.1 变力的功

变力的功:力在质点位移方向的分量与位移大小的乘积,即

$$dA = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

或者

$$A = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

瞬时功率:功随时间的变化率,即

$$P = \frac{dA}{dt} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$$

2.6.2 质点的动能定理

质点的动能定理:合外力对质点所做的功等于质点动能的增量,即

$$A = E_{k2} - E_{k1} = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

2.7 保守力的功、势能

2.7.1 保守力的功

保守力:做功与路径形状无关的力,或者说,沿闭合路径移动一周做功为零的力,即

$$\oint_L \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = 0$$

三种常见保守力做功分别为万有引力做功、重力做功和弹簧力做功。

万有引力做功: $A = -Gm_1 m_2 \left[\left(-\frac{1}{r_B} \right) - \left(-\frac{1}{r_A} \right) \right]$

重力做功: $A = -(mgz_B - mgz_A)$

弹簧力做功: $A = -\left(\frac{1}{2} kx_B^2 - \frac{1}{2} kx_A^2 \right)$

2.7.2 势能

势能:对保守力可引进势能的概念。一个系统的势能 E_p 决定于系统的位形,定义为

$$A_{AB} = -\Delta E_p = E_{pA} - E_{pB}$$

取 B 点为势能零点,即 $E_{pB} = 0$, 则 $E_{pA} = A_{AB}$ 。

势能属于有保守力相互作用的整个系统,一个系统的势能与参照系无关。

重力势能: $E_p = mgh$, 以物体在地面为势能零点。

弹簧的弹性势能: $E_p = \frac{1}{2} kx^2$, 以弹簧的自然长度为势能零点。

万有引力势能: $E_p = -\frac{Gm_1 m_2}{r}$, 以两质点无穷远分离时为势能零点。

保守力与势能的微分关系:

$$\mathbf{F} = F_x \mathbf{i} + F_y \mathbf{j} + F_z \mathbf{k} = -\left(\frac{\partial E_p}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial E_p}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial E_p}{\partial z} \mathbf{k} \right)$$

2.8 机械能守恒定律

2.8.1 质点系的动能定理

作用于质点系的所有外力与内力做功的代数和等于质点系动能的增量,或质点系动能的增量等于作用于质点系的一切外力做的功与一切内力做的功之和,即

$$A^{ex} + A^{in} = \sum_{i=1}^n E_{ki} - \sum_{i=1}^n E_{ki0}$$

2.8.2 机械能守恒

质点系功能原理:质点系机械能的增量等于所有外力和所有非保守内力做功的代数和,即

$$A^{ex} + A_{nc}^{in} = E - E_0$$