运动生物力学习题指导书

（附300题）

李建设等编著

《浙江体育科学》编辑部出版

一九八八年增刊

前　言

运动生物力学是高等学校体育专业一门应用性很强的专业理论课程。长期以来，高等体育院、系师生及有关专业人员就希望有一本既能帮助学生分析问题和解决问题，又便于学生系统掌握运动生物力学基本理论的辅助读物，尤其是近年来相邻学科及术科研究生入学普遍加试运动生物力学，这种需求就显得更为迫切。同时，在我们学习和讲授运动生物力学的过程中，也深感这类书籍的良好作用。然而，我国目前尚没有这方面的书籍，同类资料也十分贫乏，这种现象对运动生物力学的不断普及和深化是有碍的，有感于此，我们萌发了写一本专业习题指导书的愿望，经过努力，总算以现在这副模样与读者见面了。

在编写中，我们参阅了近十种版本的普通力学习题集，试图从中索取我们所关心的与人体运动实际密切联系的习题，然收效甚微，为此，我们不得不直接查阅大量的科研论文及国外有关生命科学物理学的文献，并从中选取我们所感兴趣的数据进行习题创编。书中大部分习题直接来源于运动实践，也许有不少习题是读者未曾见到过的，我们期望，通过解题不仅培养独立分析问题和解决问题的能力，同时也能对体育教学和运动训练提供有益的启示。

为结合教学，本书按全国高师统编《运动生物力学》教材的章节顺序分类，但在内容安排上，还参考了北京、上海、沈阳等体育学院及美国、苏联、日本的同类教材，并选取了一些我们认为需要的东西。在编写形式上，我们着重作了三方面的工作：其一是总结了运动生物力学的纲要及考查要目，以帮助读者领会该学科的基本概念和理论，便于读者自学；其二是列写了运动生物力学基本习题练和思考题共三百例，全部习题按章分类由易到难排列并附有全部练习题的参考答案；其三是撰写了习题指导书，并分成若干专题结合典型实例进行思路和方法上的指导，希望能给读者以解题技巧上的入门训练，我们的想法是学习力学不做习题是不行的，但泡在题海中也是不行的，这里就牵涉到一个学习方法问题，本书不仅希望给读者提供一些可做选择的习题，更重要的是希望能通过解题指导以提高解题技巧。

另外，考虑到一些读者可能对高中数学已经淡忘，故列出了若干基础数学知识，掌握这些知识既是必需的也是基本够用的。书后的附录主要给读者提供一些与运动生物力学有关的基本的工具性的资料。

本书可作为高等体育院，系师生学习运动生物力学的基本参考书，对准备报考体育专业术科及有关学科研究生的同学尤为合适。

参加本书编写工作的有：杭州大学体育系李建设讲师，徐州师范学院体育系柳方祥讲师，安徽师范大学体育系张国棣讲师，上海体育运动技术学院龚重光付教授、方振平老师和浙江师范大学体育系潘慧矩老师，全书由李建设老师统稿主编，柳方祥老师副主编。杭州大学体育系潘汉波同学帮助演算和校对了答案题，本书在编写工作中得到了杭州大学体育系何捷付教授，浙江省体育科学研究所吴忠贯付研究员，北京师范大学体育系周国正付教授的热情指导，并得到《浙江体育科学》编辑部的大力支持，在此一并致谢。

作者　　八八年五月于杭州

目　录

一、基础数学知识

学好力学、就要用到一些数学。尽管本书的内容、高中代数再加上一点几何、三角就已基本够用，不过需要相当的熟练程度，如果你对这些数学技能已感生疏，不妨先从此下手。相信你会事半功倍的。

幂和根式

$$(x)^n(x)^m = x^{n+m} \quad\cdots\cdots (1)$$

$$x^{-n} = \frac{1}{x^n} \quad\cdots\cdots (2)$$

$$(x^n)^m = x^{nm} \quad\cdots\cdots (3)$$

$$(x^n)(y^n) = (xy)^n \quad\cdots\cdots (4)$$

$$\frac{x^n}{y^n} = \left(\frac{x}{y}\right)^n \quad\cdots\cdots (5)$$

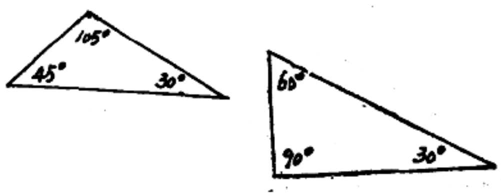
$$x^{1/n} = \sqrt[n]{x} \quad\cdots\cdots (6)$$

$$x^{m/} = \sqrt[n]{x^m} \quad\cdots\cdots (7)$$

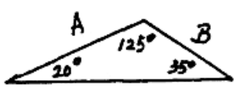
$$ax^2 + bx + c = 0 \qquad 根x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad\cdots\cdots (8)$$

平面几何

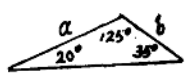
（1）任意三角形的内角和等180°。在直角三角形中，一个角是90°，另两个角相加一定是90°。



（2）如果两个三角形中有两个角相等，则这两个三角形相似。相似三角形中的对应边成比例。



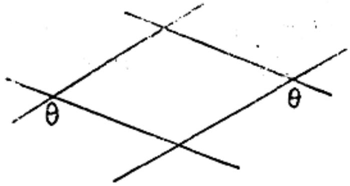
$$\frac{a}{A} = \frac{b}{B}$$

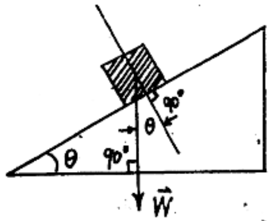


（3）如果两个角的两条边分别平行，则这两个角相等。

（4）如果两个角的两条边分别互助垂直，则这两个角形相等。如：重力矢量W与垂直于斜面的法线之间的夹角等于斜面与水平面之间的夹角。

（5）如果两个角是对顶角，则它们相等。





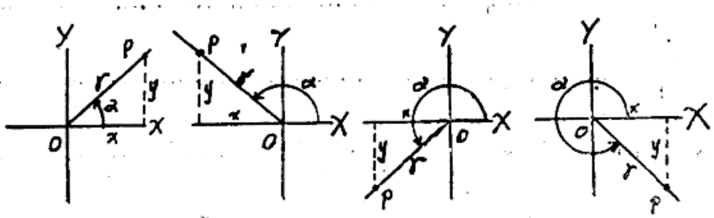
（6）如果两角相加为90°，则称这两个角互为余角。如果它们之和为180°，则称它们互为补角。上图中θ和φ互补。

三角函数

对于图－1，我们定义下列各式：

$\sin\alpha = y/r, \cos\alpha = x/r,\ \operatorname{tg}\alpha = y/x$ ……………………………… （9）

$\csc\alpha = r/y, \sec\alpha = r/x,\ \operatorname{ctg}\alpha = x/y$ ……………………………… （10）



图—1

由上述定义，下列关系式成立：

$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$ ……………………………… （11）

$\sin(\alpha\pm\beta) = \sin\alpha\cos\beta \pm \cos\alpha\sin\beta$ ……………………………… （12）

$\cos(\alpha\pm\beta) = \cos\alpha\cos\beta \mp \sin\alpha\sin\beta$ ……………………………… （13）

$\sin\alpha \pm \sin\beta = 2\sin\frac{1}{2}(\alpha\pm\beta)\cos\frac{1}{2}(\alpha\mp\beta)$ ……………………………… （14）

$\cos + \cos\beta = 2\cos\frac{1}{1}(\alpha+\beta)\cos\frac{1}{2}(\alpha-\beta)$ ……………………………… （15）

$\cos\alpha - \cos\beta = -2\sin\frac{1}{2}(\alpha+\beta)\sin\frac{1}{2}(\alpha-\beta)$ ……………………………… （16）

$\sin\alpha\sin\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta) - \cos(\alpha+\beta)]$ ……………………………… （17）

$\cos\alpha\cos\beta=\frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta)+\cos(\alpha+\beta)]$ ……………………… (18)

$\sin\alpha\cos\beta=\frac{1}{2}[\sin\alpha(\alpha-\beta)+\sin(\alpha+\beta)]$ ……………………… (19)

$\sin 2\alpha=2\sin\alpha\cos\alpha$ ……………………… (20)

$\cos 2\alpha=\cos^2\alpha-\sin^2\alpha$ ……………………… (21)

$\sin^2\frac{1}{2}\alpha=\frac{1}{2}(1-\cos\alpha)$ ……………………… (22)

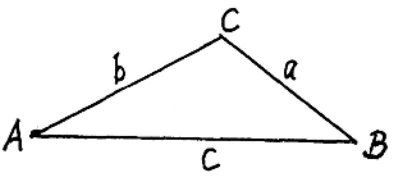
$\cos^2\frac{1}{2}\alpha=\frac{1}{2}(1+\cos\alpha)$ ……………………… (23)

对于图－2的任意三角形，可以得到：

正弦定律：$\frac{a}{\sin A}=\frac{b}{\sin B}=\frac{c}{\mathrm{sic} C}$ ……………………… (24)

余弦定律：$a^2=b^2+c^2-2bc\cos A$ ……………………… (25)

对　数



图一2

（1）e的定义：

$e=\mathop{\mathrm{eim}}\limits_{n\to\infty}(+\frac{1}{n})n=2.7182818$ ……………………… (26)

（2）以e为底的自然对象

如果$x=e^y$，则$y=\ln x$ ……………………… (27)

（3）以10为底的常用对数

如果$x=10^y$，则$y=\lg x$ ……………………… (28)

自然对数与常用对数的关系：

$\ln x=2.303\lg x$　　　　$\lg x=0.433\lg x$

级数展开

当代数表达式或三角函数中的变量比1小得多的时候，我们对它们的数值常常是很感兴趣的。在这些情况下，用包含有变量的高次幂项的顺序级数展开式来近似表示一个严格的公式，常常给我们带来极大的方便。下列级数展开常常是有用的：

$(1\pm X)^{-1}=1\mp X+X^2\mp X^3+\cdots\quad(-1<X<1)$ ……………………… (29)

$(1\pm x)^n=1\pm nx+\frac{n(n-1)x^2}{2!}\pm\frac{n(n-1)(n-2)x^3}{3!}+$

$(-1<x<1)$ ……………………… (30)

$(1\pm x)^{-n}=1\mp nx+\frac{n(n-1)x^2}{2!}\mp\frac{n(n-1)(n-2)x^3}{3!}+\cdots$

$$(-1<x<1) \cdots\cdots (31)$$

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \cdots \quad \cdots\cdots (32)$$

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \cdots \quad \cdots\cdots (33)$$

$$\sin\chi = \chi - \frac{1}{3!}x^3 + \frac{1}{5!}x^5 - \cdots \quad \cdots\cdots (34)$$

$$\cos\chi = \chi - \frac{1}{2!}x^2 + \frac{1}{4!}x^4 - \quad \cdots\cdots (35)$$

$$\lg\chi = \chi + \frac{1}{3}x^3 + \frac{2}{15}x^5 + \cdots \quad \cdots\cdots (36)$$

当 $\chi << 1$ 时，下列近似关系是令人满意的：

$$(1+\chi)^n \approx 1 + nx \cdots\cdots (37)$$

$$e^x \approx 1 + \chi \cdots\cdots (38)$$

$$\ln(1+\chi) = \chi \cdots\cdots (39)$$

$$\sin\chi \approx \chi \cdots\cdots (30)$$

$$\cos\chi \approx 1 \cdots\cdots (41)$$

$$tgX \approx X \cdots\cdots (42)$$

注意：在三角函数的级数中，角度变量X必须用弧度来量度。

基本导数与积分

$f(x)$	$\frac{d}{dx}f(x)$	$\int f(x)\,dx$
X^n	nx^{n-1}	$\frac{1}{n+1}X^{n+1}+C$
E^X	e^X	e^x+C
$\ln x$	$\frac{1}{X}$	$x\ln x - x + C$
$\frac{1}{X}$	$-\frac{1}{x^2}$	en1x1+C
sinx	Cosx	—Cosx+C
Cosx	—sinx	sinx+C
tgx	$\sec^2 x$	—lnCosx+C
ctgx	$-Csc^2 x$	lnsinx+C

二、运动生物力学纲要及考查要目

怎样学习运动生物力学？这里潜在着一个科学的学习方法问题。事实上，要使学生养成良好的学习习惯并不那么容易，但无论学习哪门学科，首先了解并领悟这门学科的性质和内容，最好再考察一下从事该学科的先生和专家们在关心和研究什么？往往是有益的。

运动生物力学是研究体育运动中人体机械运动规律的科学，它从属于力学。而力学所涉及的无非是支配世界万物（当然包括人）行为的基本法则。和任何一门学科相比，力学的逻辑性和推理性更强，在力学中，只有很少几个基本概念和规律是由实验测量而得到的，一旦掌握了这些基本思想，那么从概念上讲将这些规律应用于体育运动技术的研究就不应该也不至于那么难以理解。因此，学习运动生物力学的有效方法应该是把注意力集中在基本原理的理解而避免去记忆、推理和论证大量的事实和公式。为此，我们第一个也是唯一的劝告就是希望你能把教材内容的记忆尽可能减少到最低限度。寻求这个最低限度，这当然应属于我们师生共同的工作。根据我们多年从事教学的经验并经过我们慎重地研究，为你精选了这部分运动生物力学纲要和考查要目，希望能为你构画出运动生物力学的轮廓和基本内涵。

（一）人体运动的静力学

纲要

1、第一平衡条件：

$$\sum_i \vec{F}_i = 0 \quad \cdots\cdots (1)$$

$F=\sqrt{F_x^2+F_y^2}$　$F_x=\sum F_{xi}\cos\theta_i$

即：所有外力的矢量和为零。

$tg\phi=\frac{F_y}{F_x}$　$F_y=\sum F_{yi}\sin\theta_i$（2个力以上）

$$\left.\begin{aligned}\sum F_{xi}&=0\\ \sum F_{Yi}&=0\\ \sum F_{Zi}&=0\end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (2)$$

$F^2=F_1^2+F_2^2+2F_1F_2\cos\theta$（2个力）

即x、y、z方向的分力的矢量和为零。

2、第二平衡条件（转动平衡条件）：

$$\sum_i \vec{M}_i = 0 \quad \cdots\cdots (3)$$

即：对任何一点的所有力矩之和等于零。

力矩M大小等于力F乘以转轴到F的作用线的垂直距离d：

即：$M = F \cdot d$

注意：力矩的方向由右手定则判定。

3、人体局部平衡条件：

人体局部平衡指：收缩肌群的肌力矩与所支持环节的重力矩和阻力矩之间的平衡。

在共面力系中，若不求“断离”关节处的关节反力，则平衡条件：

$$\Sigma\vec{M}_0=\vec{M}肌+\vec{M}重+\vec{M}阻=0 \quad \cdots\cdots (4)$$

若需要求关节反力时，则还需满足平衡条件：

$$\left.\begin{array}{l}\Sigma F_x=0\\ \Sigma F_y=0\end{array}\right\} \quad \cdots\cdots (5)$$

考查要目

给出定义或作出解释：

力矩	人体质心
力臂	环节质心
力偶	稳度
矢积或叉积	稳定角
平衡条件	稳定系数
机械利益	国际单位制
矢量合成法则	量纲

（二）人体运动学

纲要

1、匀加速直线运动的方程：

$$\left.\begin{array}{l}V_t=V_0+at\\ S=V_0t+\frac{1}{2}at^2\\ 2as=V_t^2-V_0^2\end{array}\right\} \quad \cdots\cdots (6)$$

若竖直上抛或下落，则加速度a由重力加速度g取代，注意g的方向性。

2、抛点与落地等高的斜抛：

水平方向匀速运动，

竖直方向匀减速运动：加速度$a=-g$。

抛物的飞行时间：

$$T=\frac{2V_0\sin\theta_0}{g} \quad \cdots\cdots (7)$$

公式记住

抛体的最大高度：

$$H_m=\frac{v_0^2\sin^2\theta_0}{2g} \quad \cdots\cdots (8)$$

抛体的射程：

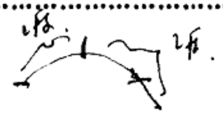
$$S=\frac{V_0^2\sin(2\theta_0)}{g} \quad \cdots\cdots (9)$$

最佳抛射角：$\theta_0 = 45^0$ ……………………………………………………（10）

最佳抛射角时最大射程：

$$S_m = \frac{V_0^2}{g} \quad \cdots\cdots(11)$$

3、抛点高于落点的斜抛（高差h）：



抛体飞行时间：

$$t = \frac{1}{g}\left(V_0\sin\theta_0 + \sqrt{(v^0\sin\theta_0)^2 + 2gh}\right) \quad \cdots\cdots(12)$$

抛体的射程：

$$S = \frac{1}{g}V_0^2\cos\theta_0\left(\sin\theta_0 + \sqrt{\sin^2\theta_0 + \frac{2gh}{V_0^2}}\right) \quad \cdots\cdots(13)$$

最佳抛射角

$$\theta_m = \mathrm{arcctg}\sqrt{1 + \frac{2gh}{v_0^2}} \quad \cdots\cdots(14)$$

最佳抛射角时的最大射程：

$$S_m = \frac{V_0^2}{g}\sqrt{1 + \frac{2gh}{v_0^2}} \quad \cdots\cdots(15)$$

4、抛点低于落点的斜抛

一般在这种情况下并不关心射高和射程、关心的是落点的速度（大小和方向）：如平衡木跳上，跳马第一腾空，投篮等。

若抛点与落点的水平距离为d，则：

落点的速度：

$$\left.\begin{aligned} V_x &= V_0\cos\theta_0 \\ V_y &= V_0\sin\theta_0 - \frac{gd}{v_0\cos\theta_0} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(16)$$

速度的方向：

$$\theta' = \mathrm{arctg}\frac{v_y}{v_x} \quad \cdots\cdots(17)$$

5.匀加速园周运动的方程：

$V=RW$　$W=\frac{\theta}{t}$-弧度　$F=m\frac{V^2}{R}=mRW^2$

$a_n=\frac{V^2}{R}$

$$\left.\begin{aligned} \omega_t &= \omega_0 + \beta t \\ \theta &= \omega_0 t + \frac{1}{2}\beta t^2 \\ 2\beta\theta &= \omega_t^2 - \omega_0^2 \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(18)$$

$a_\tau=\frac{\Delta V}{\Delta t}$ 切向

使点园周运动的总加速度：

$$\left.\begin{aligned} \vec{a} &= \vec{a}_t + \vec{a}_n \\ a_t &= r\beta \\ a_n &= \frac{v^2}{r} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(19)$$

考查要目

给出定义或作出解释：

参照系	切向加速度
坐标系	法向加速度
位移	绝对速度
速度	相对速度
加速度	牵连速度
角位移	斜率
角速度	平抛体
角加速度	斜抛体

（三）人体动力学

纲要

1、牛顿三定律：

第一定律（惯性定律）：如果没有外力作用于物体，物体将保持静止或匀速直线运运状态不变。（没有外力应理解为合外力为零）

第二定律（加速度定律）：质量恒定的物体，其加速度等于作用干物体的合力除以物体的质量。即：

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a} \quad \cdots\cdots (20)$$

第三定律（反作用定律）：如果物体A施力 $\vec{F}$ 于物体B，那么物体B就施大小相等方向相反的力 $-\vec{F}$ 于物体A。

2、摩擦力

一物体与其运动所在的另一表面之间的动摩擦力的大小由下式给出：

$$f_k = \mu_k N \quad \cdots\cdots (21)$$

式中：μ_k为无量纲的常数，叫动摩擦系数，而N是正压力。

静摩擦力有一最大值，由$f_s = \mu_s N$ 给出，它发生在物体即将运动之际，在运动技术中表现为即将起动之时，常数μ_s称最大静摩擦系数，一般情况下，$\mu_s < \mu_k$，摩擦力总是与物体的运动或运动趋势相对抗。

注意：在体育运动中，摩擦力常常起动力的作用！

3、动量与动量守恒

质点的动量：$\vec{K} = m\vec{V}$ ……(22)

力 $\vec{F}$的冲量：$\int \vec{F}dt = \triangle \vec{K}$ ……(23)

即：力 $\vec{F}$ 的冲量等于物体的动量变化。应该注意：冲量不是质点或物体本身的性质，而是外力引起的质点动量变化程度的量度，在体育运动中，器械（如铅球等）的动量往往是人（推铅球者）传给的，人体的动量又往往是他人、地面、器械传给的。

动量守恒的条件：$\Sigma E_{外} = 0$

两质点碰撞时：$m_1\vec{V}_{1a} + m_2\vec{V}_{2a} = m_1\vec{V}_1' + m_2\vec{V}_2'$

注意：人体腾空时和器械空中飞行时，动量并不守恒！仅水平方向不计任何阻力时，动量在水平方向守恒，即：$m\vec{V}_x$ = 恒矢量。

刚体质心的位矢：

$$\vec{r}_{质心} = \frac{\Sigma m_i \vec{r}_i}{\Sigma m_i} \quad \cdots\cdots (24)$$

质心的速度：

$$\vec{V}_{质心} = \frac{\Sigma m_i \vec{V}_i}{\Sigma m_i} \quad \cdots\cdots (25)$$

质心的动量：

$$\vec{K} = (\Sigma m_i)\vec{V}_{质心} \quad \cdots\cdots (26)$$

质心的加速度：

$$\vec{a}_{质心} = \frac{\Sigma m_i \vec{a}_i}{\Sigma m_i} \quad \cdots\cdots (27)$$

4、功能原理

恒力 $\vec{F}$ 引起位移 $\vec{S}$ 时所作的功：…………（27）

$$A = \vec{F} \cdot \vec{S} = FS\cos\theta \quad \cdots\cdots (28)$$

变力 $\vec{F}$ 引起自a到b的位移所作的功：

$$A = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad \cdots\cdots (29)$$

质量为m的质点的动能（速率 $V \ll C$）

$$E_k = \frac{1}{2} mV^2 \quad \cdots\cdots (30)$$

功能定理：

$$A = \triangle E_k = \frac{1}{2} mV_2^2 - \frac{1}{2} mV_1^2 \quad \cdots\cdots (31)$$

贮藏在弹簧内的弹力势能：

$$E_p = \frac{1}{2} kx^2 \quad \cdots\cdots (32)$$

重力势能：

$$E_g = mgh \quad \cdots\cdots (33)$$

机械能守恒（条件是保守力作用于系统时）

$$E = E_k + E_g + E_p = \text{恒量} \quad \cdots\cdots (34)$$

$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$

考查要目

给如定义或作出解释：

力	动量守恒
引力质量	弹性碰撞
惯性质量	非弹性碰撞
牛顿三定律	功
摩擦系数	动能
动量	势能
冲量	机械能守恒
内力	功率
外力	缓冲
保守力	蹬摆原理
耗散力	
科里奥利力	

（四）人体转动力学

纲要

质点的角动量：

$$\vec{K}_z = \vec{r} \times \vec{k} = mr \times \vec{V} \quad \cdots\cdots (36)$$

作用于质点的力矩：

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F} = \frac{d\vec{k}_z}{dt} \quad \cdots\cdots (36)$$

$= F \cdot d$

质点系的转动惯量：

$$\boxed{I = \sum m_i r_i^2} \quad \cdots\cdots (37)$$

刚体的转动惯量：

$I = Mk^2$　$I = I_0 + md^2$

$$I = \int r^2 dm \quad \cdots\cdots (38)$$

转动刚体的功能定理：

$$A = \int M_z d\theta = \frac{1}{2} I \omega_2 - \frac{1}{2} I \omega_1^2 \quad \cdots\cdots (39)$$

角动量守恒：

$$I\vec{\omega} = \text{恒矢量}（M_z = 0\text{时}） \quad \cdots\cdots (40)$$

人体腾空时绕身体某轴的角动量守恒。调整人体对该轴的转动惯量可改变人体绕该轴的转动角速度。

注意：角动量 $I\vec{\omega}$ 是矢量。如运动员腾空时只获得绕横轴的动量矩 $I_g\vec{\omega}_g=\vec{K}_g$，空腾时运动员举起上臂将导致横轴产生一个扰动的偏角，运动员将获得一个绕纵轴转体的动量矩 $I_z'\vec{\omega}_z'=\vec{K}_z'$，这时运动员绕横轴的动量矩将变为 $I_g'\vec{\omega}_g'=\vec{k}_g'$，但：

$$I_g\vec{\omega}_g=I'_g\vec{\omega}'_g+I'_z\vec{\omega}'_z$$

转动定律：

合外力矩

$$\boxed{\vec{M}=I\vec{\beta}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (41)$$

合外力矩为0

转动与平动的比较及联系见下表 $\boxed{M\cdot dt=I\omega_2-I\omega_1}$ 起跳瞬间 空间用 $\boxed{I_1W_1=I_2W_2}$

冲量矩

改变角加速时用

平动与转动表达式的比较

平　动　物　理　量	转　动　物　理　量
位　　移 $\vec{S}$	角 位 移 $\vec{\theta}$
速　　度 $\vec{V}=\dfrac{d\vec{s}}{dt}$	角 速 度 $\vec{\omega}=\dfrac{d\vec{\theta}}{dt}$
加 速 度 $\vec{a}=\dfrac{d\vec{V}}{dt}$	角加速度 $\vec{\beta}=\dfrac{d\vec{\omega}}{dt}=\dfrac{\Delta w}{\delta t}$
合　　力 $\vec{F}=m\vec{a}$	合 力 矩 $\vec{M}=I\vec{\beta}$
质　　量　m	转动惯量 I
动　　量 $\vec{K}=m\vec{V}$	角 动 量 $\vec{K}_z=I\vec{\omega}$
冲　　量 $\vec{F}\triangle t$	冲 量 矩 $\vec{M}\triangle t$
合　　力 $\vec{F}=\dfrac{d\vec{K}}{dt}$	合 力 矩 $\vec{M}=\dfrac{d\vec{k}}{dt}$
平衡条件 $\Sigma\vec{F}=0$	平衡条件 $\Sigma\vec{M}=0$
功　　$A=\int F\,ds$	功　　$A=\int M\,d\theta$

续上表

动　　能　$E_k=\frac{1}{2}mV^2$	转 动 能　$E_k=\frac{1}{2}I\omega^2$
功　　率　$P=\vec{F}\vec{V}$	功　　率　$P=\vec{M}\vec{\omega}$
匀加速运动公式 $\begin{cases} V_t=V_0+at \\ S=V_0t+\frac{1}{2}at^2 \\ 2as=V_t^2-V_0^2 \end{cases}$	匀角加速运动公式 $\begin{cases} \omega_t=\omega_0+\beta t \\ \theta=\omega_0 t+\frac{1}{2}\beta t^2 \\ 2\beta\theta=\omega_t^2-\omega_0^2 \end{cases}$

考查要目

给出定义或作出解释：

角位移
角速度
角加速度
转动惯量
回转半径
平行轴定理
垂直轴定理
转动定律
转动能
角动量
角动量守恒
惯性转体的力学条件
非惯性转体的力学条件
回转效应

（五）体育运动中的流体力学

纲要　[illegible]

1、阿基米德原理：

一物体的部分或全部浸没在流体中，所受浮力等于所排开流动的重量。

2、静止流体的压强：

静止流体表面下距离为h的一点的压强为：　$P=P_0+\rho gh$……………………（42）

式中：P_0为流体表面处的压强，ρ为流体的密度。

注意：压强是无方向的，可理解为单位面积所受的压力。

3、流动流体压强：

理想流体的稳定流线流动，即不可压缩流体的无旋的、稳定的和无粘性的流体，我们可把质量守恒和能量守恒这两个定律用于流体，写为：　$A\cdot V=$恒量……………（43）

$$P+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho gh=\text{恒量}\quad\cdots\cdots(44)$$

$\rho v_1 = S_2 V_2$

$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + P_1 + mgh_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + P_2 + mgh_2$. 下二任讨论. 阻力公式

式中：A为面积、V为流速、A乘V即流量。$\frac{1}{2}\rho v^2$可理解为因为流体流动才产生的压强，称动压强。式（44）也称伯努利方程。

伯努利方程在体育运动中有着广泛的应用。球类弯曲飞行的讨论几乎都要用到伯努利方程。需要注意的是：式中的速度V指所考察的点（如球体表面某点）流体与球的相对速度（一般情况下为流体流速与球体周围环流空气层的流速的矢量和）而h通常是可忽略不计的。

4、“高速”阻力

“高速”这个词很易使人误解，事实上只要雷诺数显著地大于1，流体的阻力总是正比于V^2，令人意外的是，发生这种情况的速率并不高，因此，所谓“高速”阻力基本上适用于人体或器械所有的空中飞行。

阻力：$f = \frac{1}{2} c \rho s v^2$ ……………………（45）

式中：C为阻力系数，ρ为空气密度，S为垂直于速度V的面积。

考查要目

给出定义或作出解释：

密度	片流
压强	湍流
浮力	雷诺数
阿基米德原理	斯托克斯定律
流线	粘滞阻力
流管	高速阻力
连续性方程	阻力系数
伯努利方程	升力系数
马格努斯效应	

（六）人体运动的热力学

纲要

热力学是研究能量从一种形式到另一种形式的转换。

热力学第一定律指出系统的内能的变化等于加入到系统中的热量减去系统所作功。显而易见，第一定律就是能量守恒定律。$\Delta V - \Delta E = -A - Q$ $|\Delta E_{kf} \Delta E_p + \Delta E_R|$ $P = F \cdot V$

热力学第二定律是用熵来表述的。它的微观表述形式指出系统趋向于增大其无序程度。$P = \frac{W}{T}$ 它的宏观表述形式稍难理解一些，可以表述为对任何过程、系统加上它的环境的总熵决不会减少：总熵$\triangle S \geqslant 0$，对可逆过程，熵的总改变量为零，对不可逆过程，熵增恒正。

热力学第一定律提供了把参与人体代谢这一复杂课题中的各种因素加以分类的方案。

运动中、人体内能的变化：

$$\triangle U = \triangle Q - \triangle W \quad \text{……………………}(46)$$

式中：$\triangle Q$为释放的热量（通常为负），$\triangle W$为人做的机械功。

除以运动时间$\triangle t$，得能量变化的速率：

$$\frac{\triangle U}{\triangle t}=\frac{\triangle Q}{\triangle t}-\frac{\triangle W}{\triangle t} \quad \cdots\cdots (47)$$

内能变化的速率可以通过观察一个人把食物转化为能量和废物时利于氧的速率来精确地测量。

人体利用食物中的化学能作有用功的效率可用几种方法定义。通常的习惯是运动中把所做的机械功与实际代谢值和基础代谢值的差值相比较。效率可表述为：

$$e=\frac{\triangle W}{\triangle U-\triangle U_0}\times 100\%$$

或者：$$e=\frac{\triangle W/\triangle t}{(\triangle U/\triangle t)-\triangle U_0/\triangle t)}\times 100\% \quad \cdots\cdots (48)$$

考查要目

给出定义或作出解释：

热力学第一定律	呼吸商
热力学第二定律	基础代谢率
熵	能量代谢率
无序态	氧的热当量
可逆和不可逆过程	效率