

中华人民共和国高等教育部审定

綜合大学物理專業
教 学 大 綱

(四 年 制)

高等教育出版社

中華人民共和國高等教育部一九五六年四月審定

理論力學教學大綱

(綜合大學物理專業用)

目 錄

1. 普通化学教学大綱
2. 高等数学教学大綱
3. 数学物理方法教学大綱
4. 普通物理教学大綱
5. 普通物理实验教学大綱
6. 中级物理实验教学大綱
7. 理论力学教学大綱
8. 热力学与统计物理教学大綱
9. 电动力学教学大綱
10. 量子力学教学大綱
11. 无线电工学基础教学大綱

理論力學教學大綱

第一部分 理論力學

I. 緒論 (2 学时)

1. 理論力學研究的對象和它在理論物理中的地位。
2. 空間、時間、運動與質量，用辯證唯物哲學觀點對它們的分析。
3. 力學發展簡史和經典力學的適用範圍。

II. 運動學 (12 学时)

一、質點運動學 (3 学时)

1. 參考系，各種常用的坐標系：直角坐標，平面極坐標，柱面坐標，球面坐標。
2. 運動方程，軌道。
3. 速度：速度矢量，速度在各種坐標系中的分量。
4. 加速度：加速度矢量，加速度在各種坐標系中的分量；切向加速度和法向加速度。

重點要求：

1. 熟悉速度和加速度在各種常用坐標系中的表示式。
2. 熟悉徑向單位矢量和橫向單位矢量對於時間的變率的求法。
3. 明確切向加速度和法向加速度與坐標系的無關性。

說明：

1. 在一切运算中充分运用矢量
2. 如時間不敷，加速度在球面坐标中的分量可不講。

二、剛体运动学(6学时)

1. 剛体的运动：平动和轉动。
2. 繞固定軸的轉动：角速度和角加速度的矢量表示式。
3. 平面平行运动：轉动瞬心，本体極迹与空間極迹；剛体内任一点的速度与加速度。
4. 繞固定点的运动：轉动瞬軸和瞬时角速度；本体極面与空間極面；剛体内任一点的速度与加速度；角速度的相加；欧勒角与欧勒运动学方程。
5. 一般运动：剛体内任一点的速度与加速度。

重点要求：

1. 明确在剛体繞固定軸运动中引入角速度概念的重要性。
2. 掌握在剛体繞固定点运动中轉动瞬軸和瞬时角速度的概念。
3. 掌握剛体内任一点的速度和加速度的表示式。

說明：

1. 講授平动时，指出平动不一定是直綫运动。
2. 指出剛体的有限轉动与無限小轉动的区别。
3. 在角速度的相加中，主要講授角速度与無限小轉动适合矢量加法规則。
4. 指出剛体的角速度与基点的無关性。
5. 关于極迹和極面只作几何解釋。
6. 欧勒角与欧勒运动学方程有必要时可移至剛体动力学中

講授。

三、相对运动(3 学时)

1. 绝对速度、牵连速度与相对速度。
2. 绝对加速度、牵连加速度、科里奥利加速度与相对加速度。

重点要求：

1. 熟练在活动坐标系中任一矢量的微分方法。
2. 熟悉绝对速度、牵连速度与相对速度的求法及其关系。
3. 熟悉绝对加速度、牵连加速度、科里奥利加速度与相对加速度的求法及其关系

說明：

1. 科里奥利加速度是本节中较难掌握的部分，可参照涅克拉索夫(Л. И. Некрасов)著理論力学中的方法，先举一特殊例子，引进这个概念，然后再对一般情况予以說明。
2. 着重講解地方导量的意义。
3. 着重講解矢量(例如速度或加速度)在固定坐标軸上或活动坐标軸上的投影的相互关系。

III. 質点动力学 (14 学时)

一、运动定律(3 学时)

1. 牛顿三定律，惯性系。
2. 自由質点与非自由質点的运动微分方程。
3. 本性方程。
4. 对轉动坐标系相对运动的动力学
5. 質点的平衡方程。

重点要求：

1. 掌握牛頓三定律，以及和慣性系的关系。
2. 明确本性方程与坐标系的無关性。
3. 掌握慣性系与非慣性系的区别以及慣性力的物理意义。
4. 熟練相对运动方程的推导。

說明：

1. 使同学在普通物理的基础上对牛頓三定律的認識予以适当的提高；指出牛頓力学的广泛性与局限性。

2. 講授各种运动微分方程时，可以例举具体問題，但不必詳細解算，只指出解算途徑即可。

3. 說明在約束运动中約束力的求法。

4. 指出本性方程在彈道学中的应用。

二、动量、角动量与能量的一般理論（3 学时）

1. 动量定理与角动量定理。
2. 角动量守恒定律(面积积分)。
3. 力作的功，力函数，势能与动能。
4. 活力定理。
5. 活力积分。

重点要求：

1. 熟練运动微分方程的各种积分方法。

2. 掌握动量、角动量和机械能的守恒定律，并能正确而熟練地运用各守恒定律解算具体問題。

說明：

1. 着重講解矢量矩的意义及其求法。

2. 指出各守恒定律中諸常数与力学系統初条件的关系，并說明各守恒定律是运动微分方程的第一积分。

三、質点动力学的几个特例(8学时)

1. 受弹性力作用的运动,比尼公式,行星的运动,二体問題。
2. 約束运动:摆。
3. 相对运动:計算地球轉动时的自由落体,傅科摆。

重点要求:

1. 掌握弹性力的一般通性,以及开普勒定律与牛顿万有引力定律間的关系。
2. 掌握行星运动軌道的推导方法和軌道类别的判別方法。
3. 掌握傅科摆与地球轉动的关系。

說明:

1. 指出行星运动問題的解决与万有引力定律的發現在力学發展史上所占的重要地位,以及它們与天文学發展和原子結構理論間的关系。

2. 摆的运动微分方程可在非自由質点运动微分方程式一节中即提出,如有足够時間也可以講球摆。

IV. 質点組及剛体动力学 (18学时)

一、質点組动力学的普遍定理(5学时)

1. 动量定理,質心及其运动,动量守恒定律。
2. 角动量定理,繞質心运动中的角动量定理,角动量守恒定律。
3. 活力定理,柯尼希定理,机械能守恒定律。
4. 冲力和碰撞。

重点要求:

1. 明确質心在質点組問題中的重要意义。

2. 掌握关于动量, 角动量和动能的每个定理, 并能正确而熟练地在具体问题中应用这些定理。

3. 了解这些定理在解决质点组问题中所起的作用。

说明:

1. 关于动量, 角动量和动能的定理是这一单元的重点; 尤其后两部分定理对同学是比较生疏的, 应当着重讲解, 并强调参考系的重要性。

2. 着重指出在动量、角动量定理中内力均被消去, 但是在活力定理中, 一般说来内力不能消去。

3. 在动量和角动量守恒定律中应强调定律的矢量性。

4. 在习题课中可演算变质量物体运动问题。

二、刚体的运动方程式及转动惯量(2学时)

1. 刚体运动的基本方程: 质心运动定理及角动量定理。

2. 角动量和角速度的关系, 转动惯量和惯量积。

3. 惯量椭球和惯量主轴。

4. 刚体的动能。

重点要求:

1. 了解转动惯量和惯量积六个量作为一个整体, 代表刚体在转动中惯性的量度。

2. 掌握刚体的动能、角动量和角速度之间的关系。

3. 了解求惯量椭球和惯量主轴的方法。

说明:

1. 从角动量与角速度的关系, 引出刚体的转动惯量和惯量积, 着重说明其物理意义。以转动与平动作对比时, 不但要说明两者相似之处, 尤其要强调其差异之处。

2. 強調轉動慣量和慣量積在固定坐標系中一般是隨剛體的運動而改變的，為以後引入固定在剛體中的活動坐標系作準備。

3. 可介紹由剛體的對稱性求慣量主軸的方法，至於一般求法可視情況而定詳簡。

4. 指出對應不同點的慣量橢球一般不同。

三、剛體的平衡及力系的簡化(2 学时)

1. 剛體的平衡方程。

2. 等價力系，力系簡化為一個力和一個力偶。

3. 平行力的中心，重心。

重點要求：

1. 了解作用在剛體上力的性質和運用剛體的平衡方程。

2. 了解作用在剛體上力系的簡化。

3. 知道力偶是自由矢量。

4. 明確重心和質心的分別。

說明：

1. 從質心運動定理和角動量定理導出剛體的平衡方程。

2. 強調只有對於剛體，質心運動定理和角動量定理才足夠解決運動和平衡的問題。

四、剛體繞固定軸的轉動和平面平行運動(4 学时)

1. 剛體繞固定軸的轉動，軸上的反作用。

2. 平面平行運動。

重點要求：

1. 熟練解決這兩類問題的方法。

2. 了解動力反作用與靜力反作用的區別，和剛體繞固定軸轉動時不引起附加反作用的條件。

說明：

1. 在这一單元中应多作習題。
2. 在平面平行运动中举例說明約束力和摩擦力与剛体运动的关系。

五、剛体繞固定点的运动(5 学时)

1. 剛体繞固定点的运动, 欧勒动力学方程。
2. 欧勒情形: 潘索的几何解釋。
3. 拉格朗日情形, 迴轉器的近似理論。

重点要求:

1. 明确引入固定在剛体上的活动坐标系的重要性, 和选择慣量主軸为坐标軸綫的原因。
2. 了解剛体运动的欧勒情形与拉格朗日情形的几何意义。

說明:

1. 指出欧拉运动学方程和动力学方程在解决剛体繞固定点运动中的作用, 以及用它們解一般問題的困难原因。
2. 用几何方法講欧勒情形; 用分析方法講拉格朗日情形, 但不必作完整的解法分析。

V. 分析力学 (23 学时)

一、虛功原理和达朗伯原理(5 学时)

1. 約束的概念和分类, 自由度, 广义坐标。
2. 虛位移与实位移, 理想約束。
3. 虛功原理及其用法, 拉格朗日不定乘子与約束力。
4. 达朗伯原理和系統的动力学一般方程。

重点要求:

1. 明确約束和約束力的概念，完整与非完整，稳定与不稳定約束的不同，以及自由度和广义坐标的关系。

2. 了解虚位移与实位移的区别。

3. 掌握虚功原理的全部内容，并了解如何用拉格朗日乘子求約束力。

4. 熟習达朗伯原理的内容，及其如何与虚功原理結合而得出动力学的一般方程。

說明：

1. 在本課程中分析力学部分只講完整組，不过，講約束的分类时，应提出什么是非完整組，而不深入討論。

2. 指出本單元所講各項为分析力学的基础。

二、拉格朗日方程(6学时)

1. 第一种方程。

2. 第二种方程，广义力，保守力的情形，能量积分。

3. 在广义坐标系中平衡方程，在平衡位置附近的微小振动，簡正坐标。

重点要求：

1. 知道如何从动力学一般方程得出拉格朗日第一种和第二种方程。

2. 知道在具体問題中如何得出广义力，熟悉用拉格朗日方程解一般問題并了解其优点。

3. 知道如何利用拉格朗日方程解微小振动的問題，运动性質的判別法和簡正坐标的意义。

說明：

1. 第一种方程只要提到，不必多化時間。

2. 第二种方程須多配合例題講解,同时可以提出如何利用拉格朗日方程解相对运动的問題。

3. 小振动不講有阻尼的情形。

4. 关于簡正坐标只詳細講解两个自由度的問題。

5. 在本單元中应多做習題。

三、正則方程和正則變換(5 学时)

1. 广义动量,勒零德變換,正則方程。

2. 循环坐标,正則變換,泊松括号,泊松定理,泊松括号与正則變換。

3. 用母函数得出正則變換。

重点要求:

1. 熟練推导正則方程的方法,并了解正則方程在分析力学中的地位。

2. 明确正則變換的目的,并掌握循环坐标的概念。

3. 知道一變換为正則變換的主要条件。

說明:

1. 区别正則方程的稳定約束与不稳定約束的情形,有势情形与無势情形的异同。

2. 指出正則方程,正則變換与泊松括号和量子力学的关系。

四、雅可俾-哈密頓方程(4 学时)

1. 作用函数。

2. 雅可俾-哈密頓偏微方程,雅可俾-哈密頓定理,輻力問題的特例。

3. 正則變換和雅可俾-哈密頓偏微分方程的关系。

重点要求:

1. 掌握雅可俾-哈密頓定理的內容，并会运用分离变数法解簡單的問題。

2. 了解正則方程，正則變換和雅可俾-哈密頓方程的關係。

說明：

1. 指出雅可俾-哈密頓方程的重要性，以及它和量子力学的关系。

五、变分原理(3 学时)

1. 哈密頓原理。

2. 最小作用量原理。

重点要求：

1. 熟悉哈密頓原理。

2. 了解哈密頓原理与最小作用量原理的区别。

說明：

1. 可考虑先講变分的概念和欧勒方程。

2. 如果時間許可，可提到最小作用量原理的几种形式。

3. 指出数学中的变分法是一个力学特殊問題——最速落徑——解法的数学發展；力学变分原理是变分法在力学中的应用，是牛頓力学的另一种普遍表达方式，同时指出变分原理在理論物理其他部門中应用的广泛性。

第二部分 連續媒質力学的基本要素

VI. 流体力学 (20 学时)

一、导言(1 学时)

1. 連續媒質理論的物理基础，由分子运动观点解釋連續性，

連續媒質理論的应用可能性的一般判据。

2. 过渡范围内的物理問題(例如, 稀疏²气体的流体力学)。

重点要求:

了解物体当作連續体的物理条件。

說明:

1. 指出連續体力学在物理学中的地位。
2. 指出連續体力学是質点力学的发展。
3. 指出物体的連續性是描写宏观現象时所引进的近似性質。

二、連續媒質应变及应力的一般理論(5 学时)

1. 連續体内小位移的描写, 位移張量。
2. 小位移分解为平动, 轉动和形变; 純应变, 应变二次曲面,

应变主軸及体脹系数。

3. 体力和面力。
4. 应力張量及其分量的意义, 应力張量的对称性。
5. 应力二次曲面, 应力主軸和主应力。

重点要求:

1. 掌握应变各分量的几何意义及其張量表示式, 应变主方向的意义和求法。

2. 分清体力和面力的作用。
3. 掌握应力各分量及主应力的意义。

說明:

1. 适当地指出应力和应变的張量性質。
2. 指出在連續体中的应力分析可在固体及流体中同样地应用; 应变分析是为在下面講流体的形变速度作准备。

三、流体运动学(8 学时)

1. 流体运动的描述；拉格朗日法与欧勒法，軌道与流綫，流管，拉格朗日变数与欧勒变数之間的关系，流体質点的加速度。

2. 連續性方程式(欧勒型)。

3. 流体运动的分析：流体的平动速度、轉动速度及形变速度，形变主軸及体脹速度。

4. 無旋运动的速度势，等势面与流綫，無旋运动中的連續性方程。

5. 流体的渦旋运动：渦綫，渦管及渦管强度，速度的环流，不可壓縮流体渦旋运动的矢量势，一般的流体运动。

重点要求：

1. 了解流体运动的两种描述法，兩者之間的关系，場的概念以及流体質点加速度的求法。

2. 了解連續性方程是質量守恒关系对于流体运动所加的条件。

3. 了解三种速度几何意义及其表示式。

4. 了解無旋运动与渦旋运动的性質及其分析。

說明：

1. 首先区别两种描述法，进而联系这两种方法，并根据这两种方法之間的联系，从欧勒变数中探求流体質点的加速度。

2. 对連續性方程取地域觀的講法，至于取实質觀的連續性方程可在講过体脹速度后提到，或留作習題。

3. 速度形变主軸的分析，可与慣量主軸、应变主軸、应力主軸等討論相結合，着重解釋形变主軸及体脹速度的几何意义和它們的不变性。

4. 如有時間，可講渦綫的速度場并和恒定电流的磁場对比。

四、理想流体动力学。

1. 理想流体, 理想流体中的应力、压力, 欧勒方程, 热力学关系的必要性, 初条件和边界条件。

2. 流体的稳定流动: 稳定流动的特征, 伯努利积分。

3. 理想流体的無旋运动: 無旋运动中的拉格朗日积分, 無旋运动問題的概述。

4. 理想流体的渦旋运动: 速度环流定理, 亥姆霍茲定理, 渦旋的产生。

重点要求:

1. 掌握欧勒方程, 它的推导及主要积分。

2. 掌握解决理想流体無旋运动的途径。

3. 了解旋量守恒的条件及渦旋的成因。

說明:

1. 指出理想流体动力学的适用范围。

2. 指出解流体动力学問題所需要的方程及条件。

3. 指出伯努利积分与拉格朗日积分的异同。