

机械原理习题及题解

选 编

上海市业余工业大学

目 录

习 题 部 分

绪论	2
第一章 机构的结构分析	3
第二章 平面机构的运动分析	12
第三章 平面机构的力分析	18
第四章 运动副中的摩擦和机械效率	25
第五章 平面连杆机构	34
第六章 空间连杆机构	40
第七章 平面高副机构的设计基础	42
第八章 凸轮机构	45
第九章 齿轮机构	49
第十章 轮系	56
第十一章 间歇运动机构	63
第十二章 机械系统动力学	64
第十三章 机械的平衡	69

题 解 部 分

第一章 机构的结构分析	78
第二章 平面机构的运动分析	92
第三章 平面机构的力分析	120
第四章 运动副中的摩擦和机械效率	149
第五章 平面连杆机构	171
第六章 空间连杆机构	182
第七章 平面高副机构的设计基础	186
第八章 凸轮机构	193
第九章 齿轮机构	210
第十章 轮系	243
第十一章 间歇运动机构	257
第十二章 机械系统动力学	259
第十三章 机械的平衡	269

习 题 部 分

绪 论

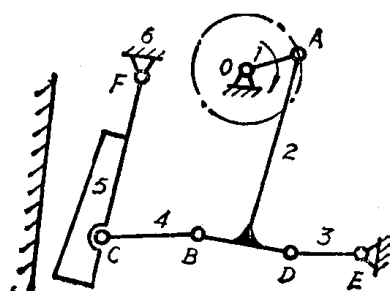
复习思考题

1. 何谓“机器”和“机构”？它们有何异同？试举例说明之。
2. 机械原理课程的内容包括哪些主要部分？每一部分研究些什么问题？

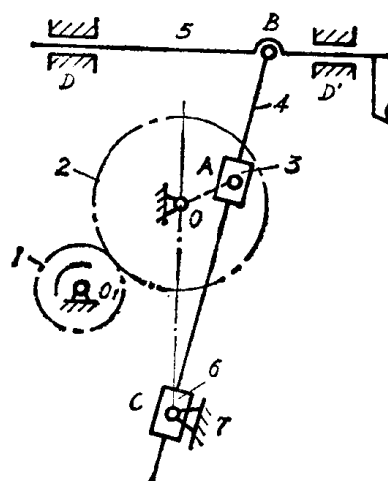
第一章 机构的结构分析

1-1 至 1-5. 确定图示机构的自由度。

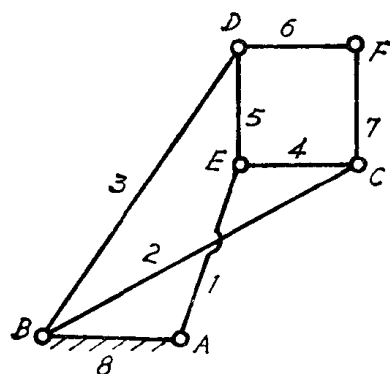
1-6 至 1-10. 确定图示机构的真实自由度。图中绘有箭头的构件为主动构件。



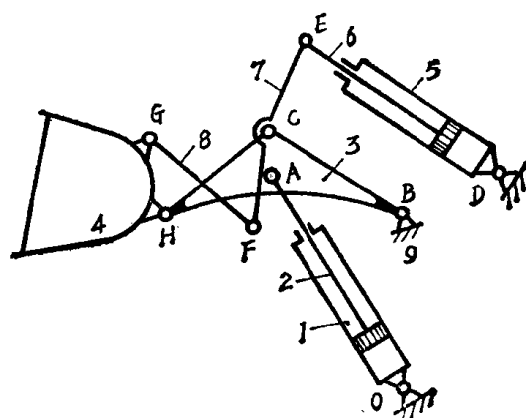
题 1-1



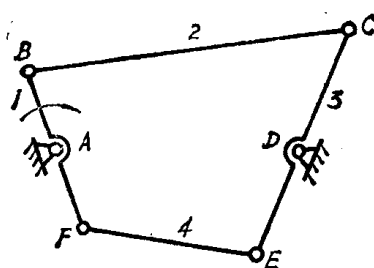
题 1-2



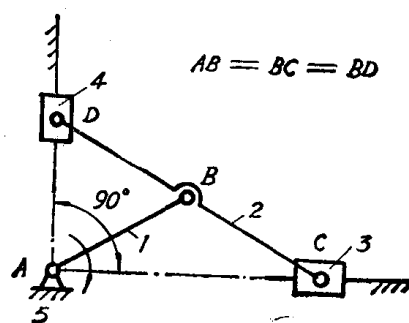
题 1-3



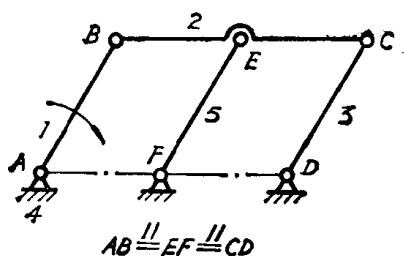
题 1-4



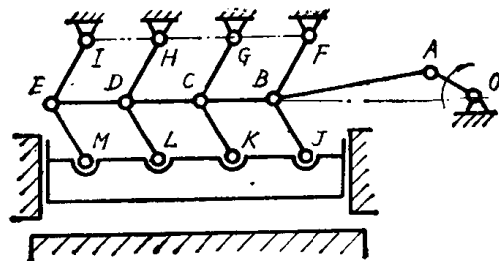
题 1-5



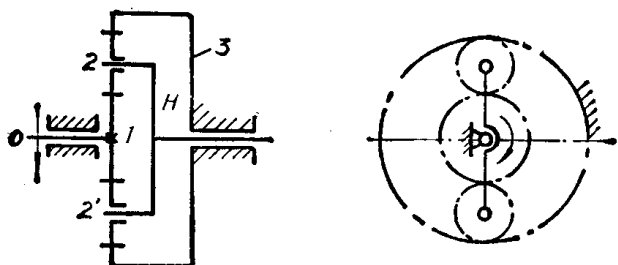
题 1-6



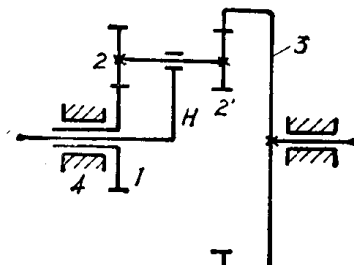
题 1-7 行星轮系



题 1-8 差动轮系

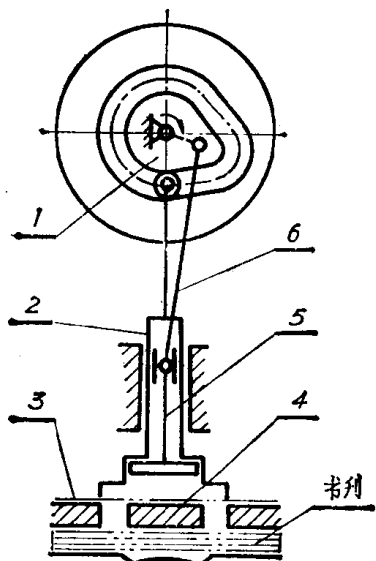


题 1-9 行星轮系

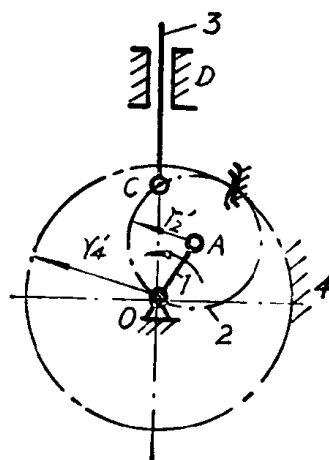


题 1-10 差动轮系

1-11. 如图所示为一装订机的机构运动简图。当构件 1 回转时, 由于凸轮槽的作用, 使构件 2 得到上下往复运动, 先将钢丝 3 切断, 并压成一形; 然后垫铁 4 退出, 而冲头 5 下压, 从而完成装订工作。试计算机机构的自由度。



题 1-11



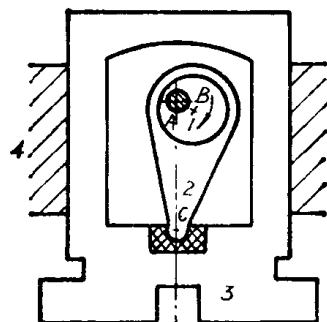
题 1-12

1-12. 在图示的直线运动机构中, 内啮合齿轮的齿数为 $z_4 = 2z_2$, 节圆半径为 $r'_4 = 2r'_2$, 构件 3 与行星轮 2 在位于节圆上的 C 点铰接, 试确定机构的自由度。

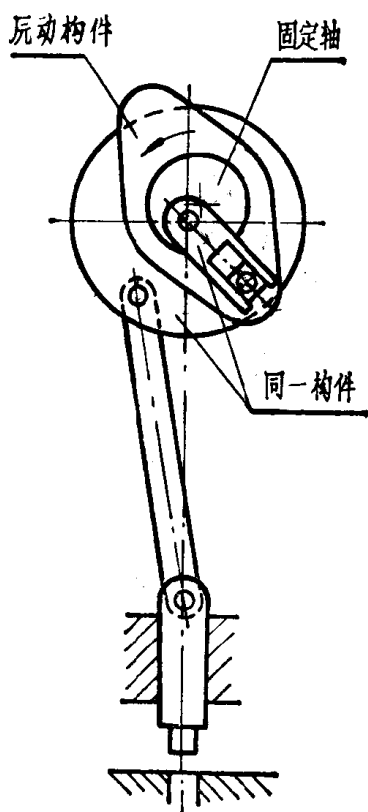
1-13. 在图示的冲压机构中, 1 为偏心轮, 2 为连杆, 可绕活动中心 C 摆动, 3 为冲床刀架。试绘制机构运动简图, 并计算机机构的自由度。

1-14. 图示为一简易冲床, 试绘制其机构运动简图, 并计算其自由度。

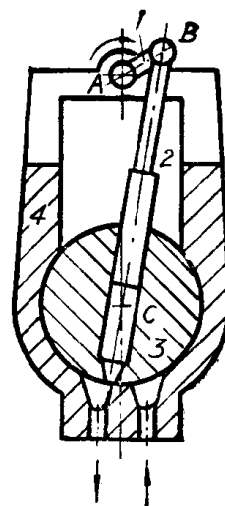
1-15. 绘出图示油泵机构的运动简图, 并计算机机构的自由度。



题 1-13

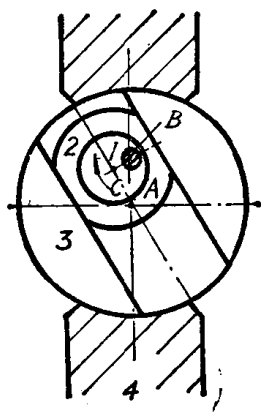


题 1-14

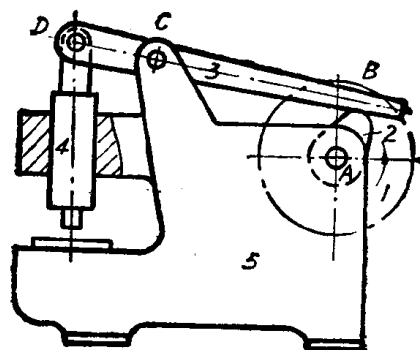


题 1-15

1-16. 在图示机构中, 当偏心轮 1 绕固定轴心 B 转动时, 滑块 2 在圆柱体 3 的直槽内滑动, 因而使 3 绕固定中心 A 转动。试绘制机构运动简图, 并计算机构的自由度。



题 1-16

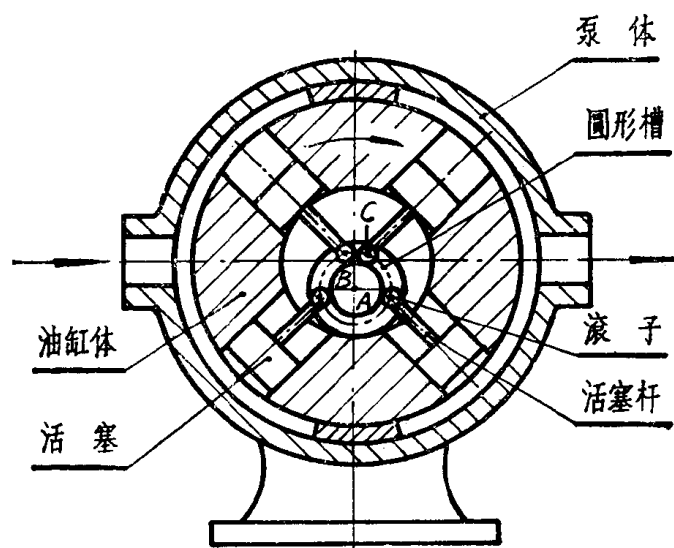


题 1-17

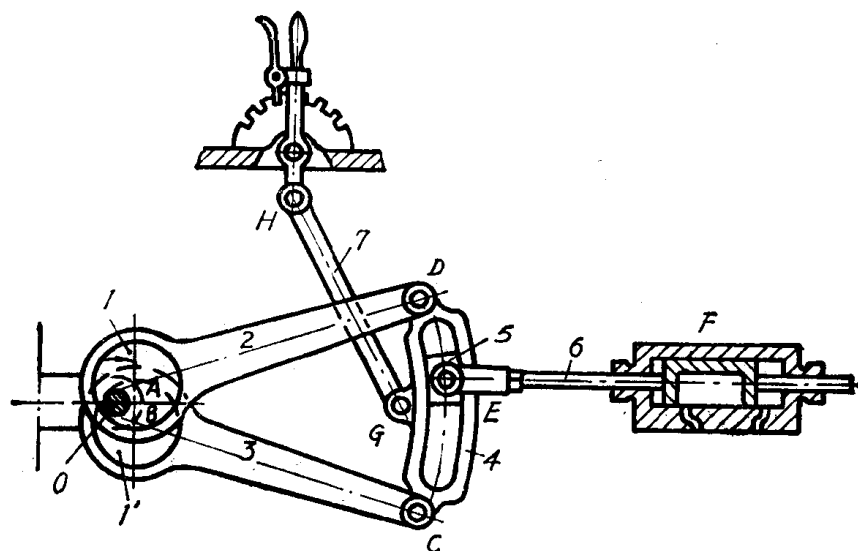
1-17. 一简易冲床如图所示。设计者的思路是: 动力由齿轮 1 输入, 使轴 A 连续回转; 而固装在轴 A 上的凸轮 2 与杠杆 3 组成的凸轮机构将使冲头 4 上下运动以达到冲压的目的。试绘出其机构运动简图, 分析其运动是否确定, 并提出修改措施。

1-18. 在图示的活塞油泵中, 油缸体和活塞一起由传动轴带动绕轴心 B 转动, 在活塞杆上装上滚子, 滚子可在中心为 A 的圆形槽内滚动, 各回转油缸的轴线均通过轴心 B , 试绘制机构运动简图, 并计算机构的自由度。

1-19. 绘制如图所示的蒸汽机配气机构的运动简图, 并计算其自由度。



题 1-18

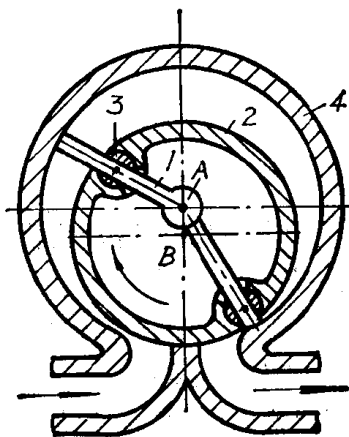


题 1-19

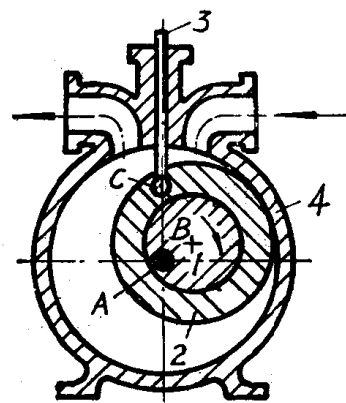
1-20. 叶片式油泵结构如图所示, 试绘制其机构运动简图, 并计算其自由度。

1-21. 油泵结构如图所示, 试绘制其机构运动简图, 并计算其自由度。

1-22. 如图所示为一用于小型压力机的凸轮-连杆组合机构。当原动件曲轴 1 连续转动时, 一方面通过齿轮带动凸轮 6 转动; 另一方面通过连杆 2 使构件 3 往复移动, 从而使压杆 8 按予期的运动规律上下往复运动。

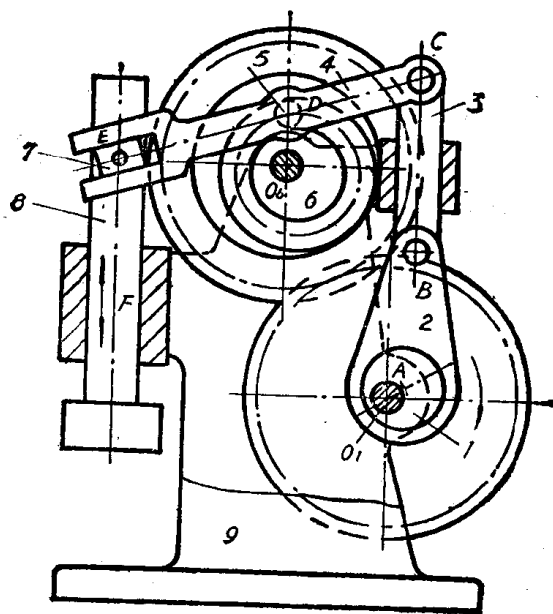


题 1-20



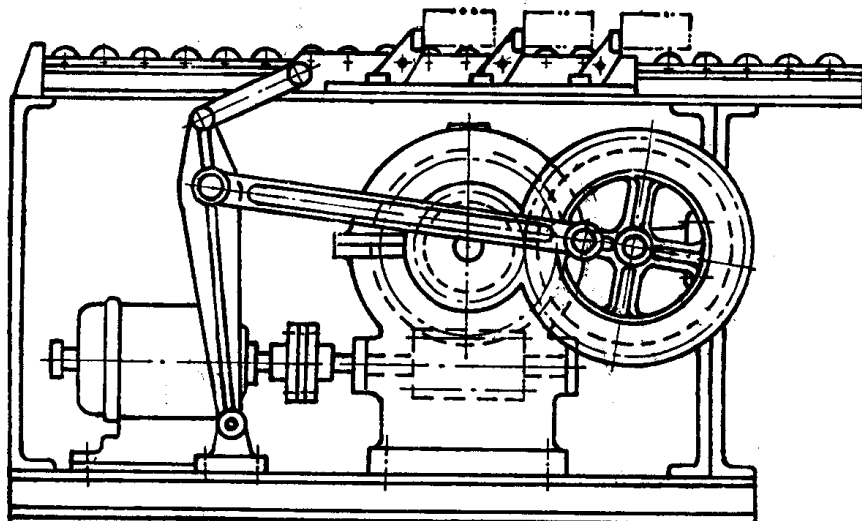
题 1-21

试绘制其机构运动简图, 并计算其自由度。



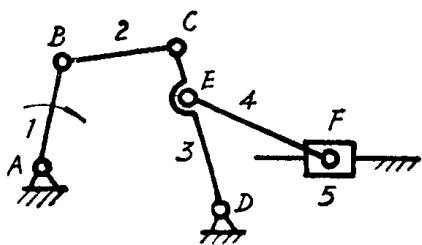
题 1-22

1-23. 如图所示为一加热炉的工件运送机, 试绘制其机构运动简图, 并计算其自由度。

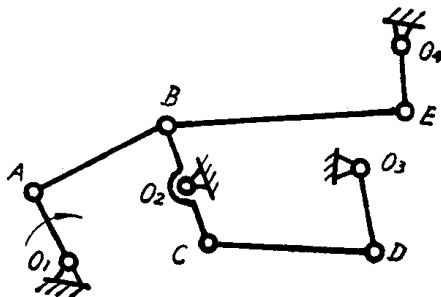


题 1-23

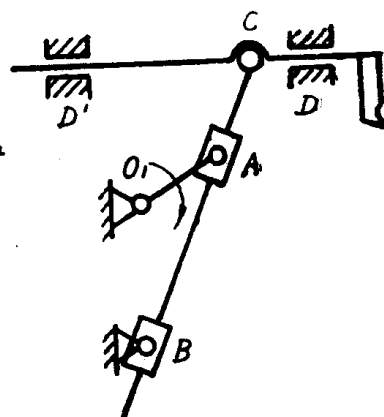
1-24 至 1-32. 计算如图所示机构的自由度, 并确定联于主动构件上的杆组的数目、级别及该机构的级别。图中绘有箭头的构件为主动构件。



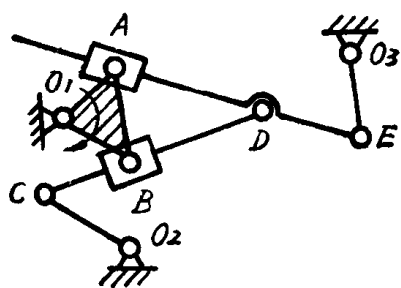
题 1-24



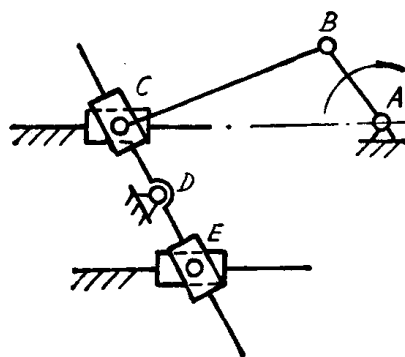
题 1-25



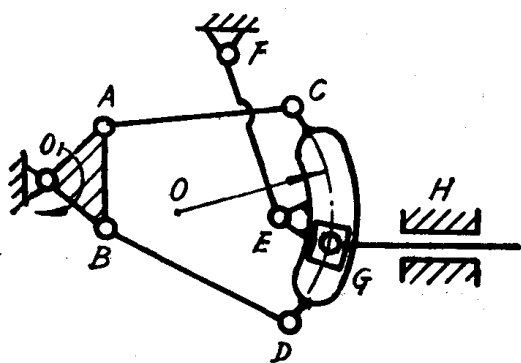
题 1-26



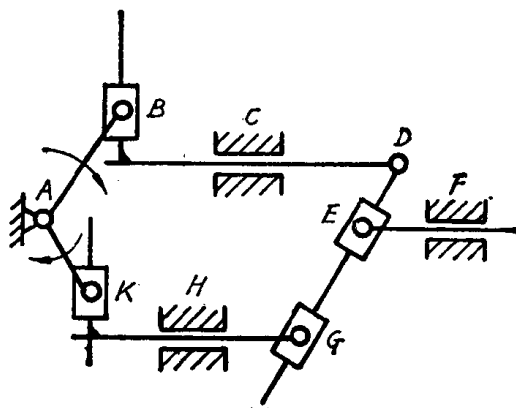
题 1-27



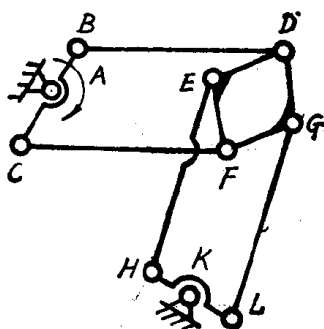
题 1-28



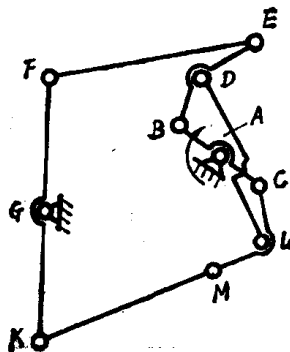
题 1-29



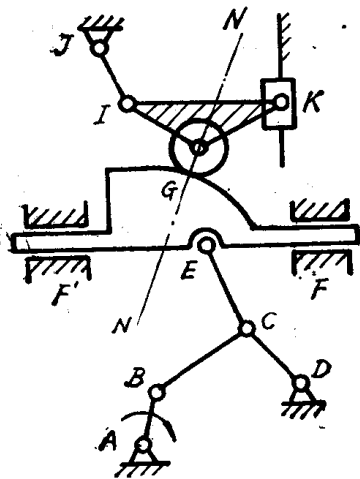
题 1-30



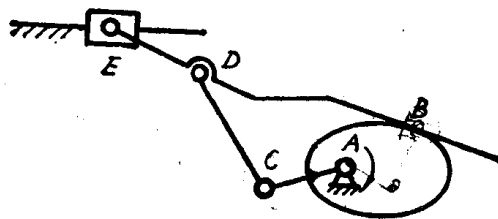
题 1-31



题 1-32

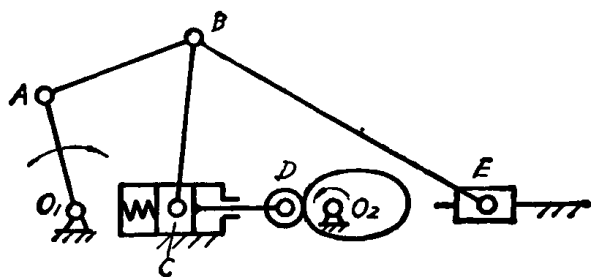


题 1-33

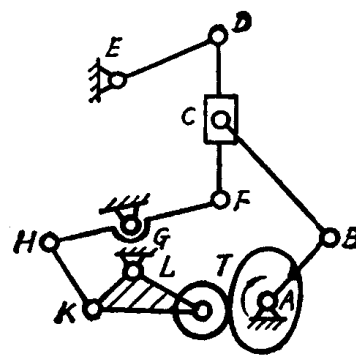


题 1-34

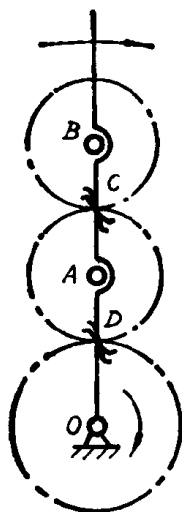
1-33 至 1-38. 确定图示机构的自由度。将其中高副用只有低副的运动链代替后, 确定联于主动构件上的杆组数目和级别, 以及该机构的级别。图中绘有箭头的构件为主动构件。



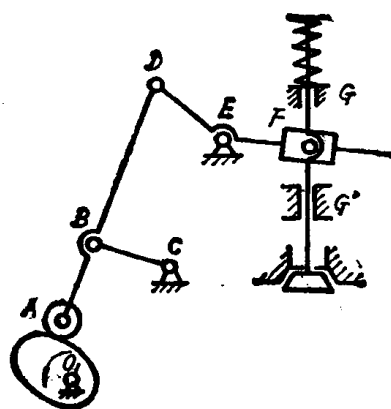
题 1-35



题 1-36

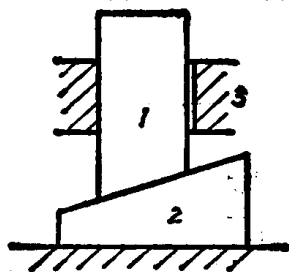


题 1-37

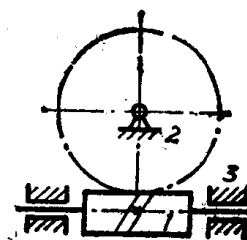


题 1-38

1-39 至 1-40. 确定图示机构的自由度。

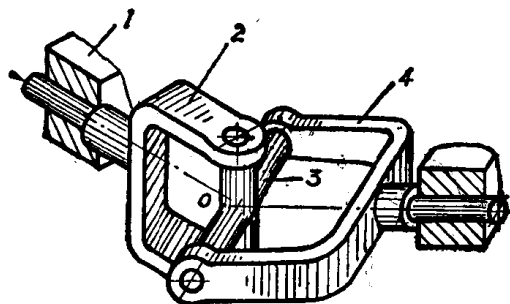


题 1-39

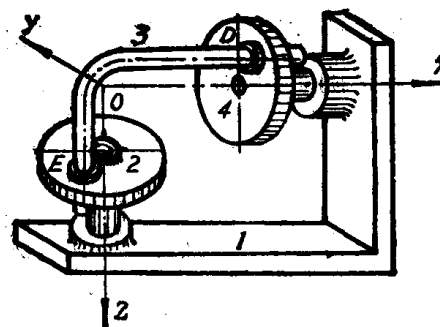


题 1-40

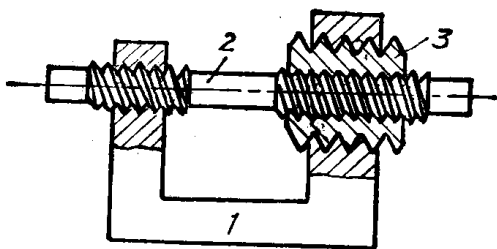
1-41 至 1-47. 绘制图示空间机构的运动简图, 并计算其自由度。



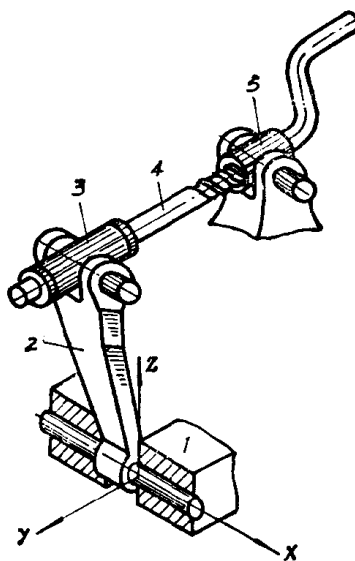
题 1-41



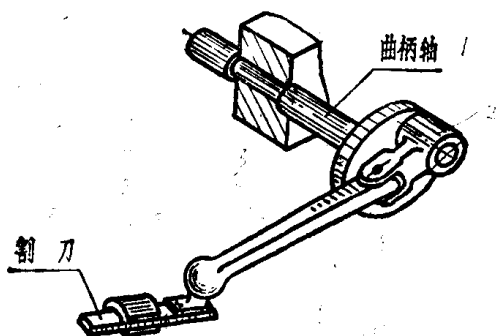
题 1-42



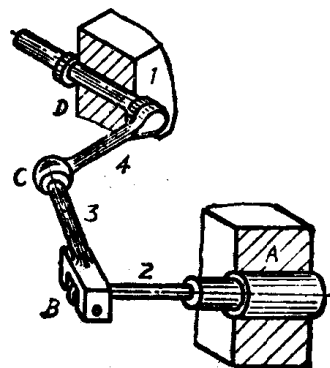
题 1-43



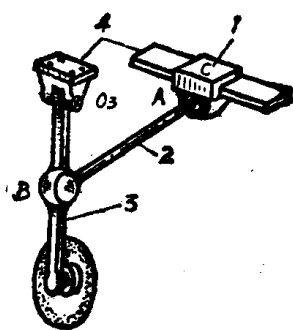
题 1-44



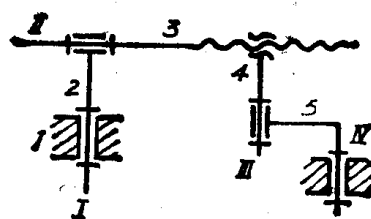
题 1-45



题 1-46



题 1-47



题 1-48

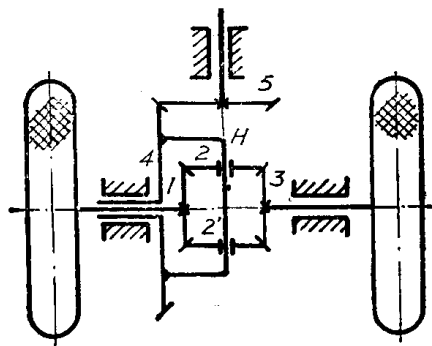
1-48. 确定图示空间机构的自由度。

1-49. 确定图示双万向联轴器的自由度。

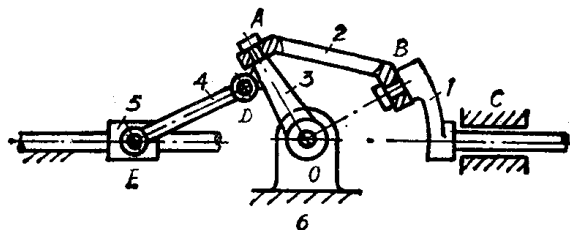


题 1-49

1-50. 图示为用于汽车后轴的差动轮系, 试计算其自由度。



题 1-50



题 1-51

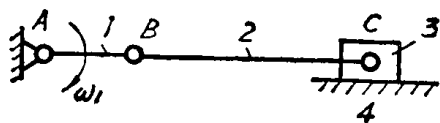
1-51. 图示为用于飞机操纵系统中将轴 1 的回转运动转变为构件 5 的往复移动的机构, 试绘制其机构运动简图, 并计算其自由度。

复习思考题

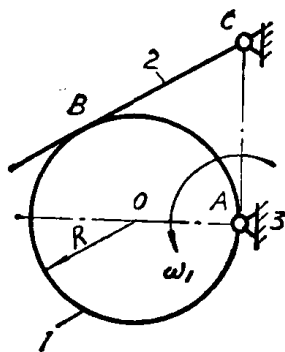
1. 何谓“构件”和“零件”？试举例说明之。
2. 何谓“机架”？何谓“主动件”和“从动件”？
3. 何谓“自由度”？平面运动构件有几个自由度？空间运动构件有几个自由度？
4. 何谓“运动副”？何谓“高副”和“低副”？比较高副和低副的优缺点。
5. 何谓“约束数”？它与自由度的关系如何？转动副、移动副和平面高副各具有几个约束数？
6. 何谓“运动链”？它与机构的关系如何？
7. 机构具有确定运动的条件是什么？若此条件不满足，将会产生什么结果？
8. 在计算平面机构的自由度时应注意哪些事项？
9. 何谓“机构运动简图”？绘制机构运动简图的步骤如何？
10. 何谓“杆组（阿苏尔组）”？它具有什么特性？从机构的结构观点来看，机构是由哪几个基本部分组成的？
11. 杆组的级别是怎样确定的？试举例说明之。
12. 机构的级别是根据什么确定的？主动件的选择对机构的级别有无影响？试举例说明之。
13. 进行机构结构分析时应当按照怎样的步骤和原则来分离杆组？
14. 平面机构中用低副代替高副的一般方法是怎样的？代替的条件有哪些？
15. 空间运动副按照约束数可分为几级？试举例说明之。
16. 写出空间机构自由度计算的一般公式，并说明此公式适用的条件。

第二章 平面机构的运动分析

2-1. 图示曲柄滑块机构中, 构件 1 的角速度为 ω_1 , 试求构件 1、3 的相对瞬心, 并求出滑块 3 的速度 v_3 。



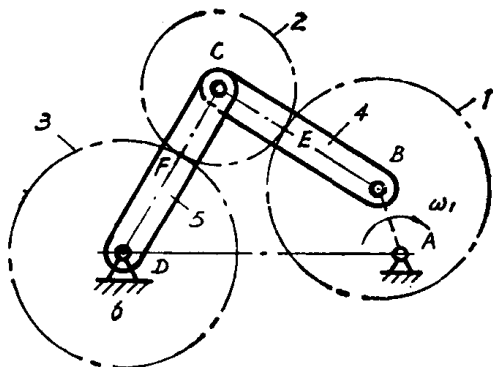
题 2-1



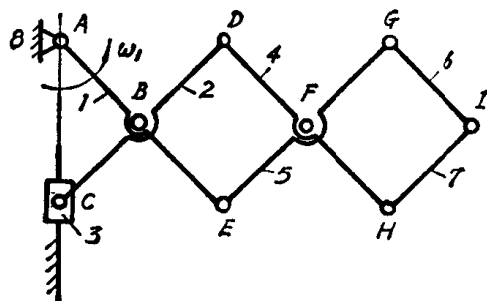
题 2-2

2-2. 已知凸轮 1 的角速度 $\omega_1 = 20 \text{ rad/s}$, 半径 $R = 50 \text{ mm}$, $\angle ACB = 60^\circ$, $\angle CAO = 90^\circ$, 试用瞬心法及相对运动图解法求出构件 2 的角速度 ω_2 。

2-3. 在图示齿轮连杆机构中, 三个齿轮的节圆互作纯滚动, 试用相对瞬心 P_{13} 来求轮 1 和轮 3 的角速度比。



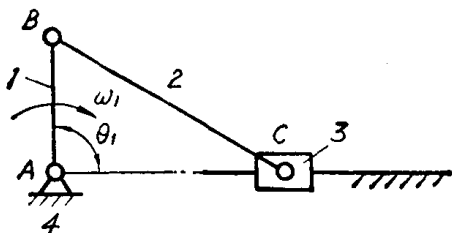
题 2-3



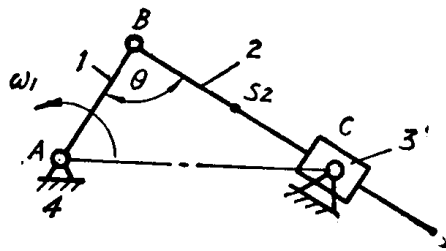
题 2-4

2-4. 在图示增力机构中, 已知构件 1 的角速度 ω_1 , 试作出机构的速度图并示出 I 点的速度。

2-5. 在图示曲柄滑块机构中, 曲柄 1 等速转动, 角速度 $\omega_1 = 40 \text{ rad/s}$, 又 $l_{AB} = 100 \text{ mm}$, $l_{BC} = 200 \text{ mm}$, $\theta_1 = 90^\circ$ 。试用相对运动图解法求滑块 3 的速度和加速度。



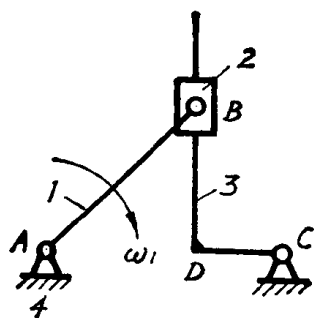
题 2-5



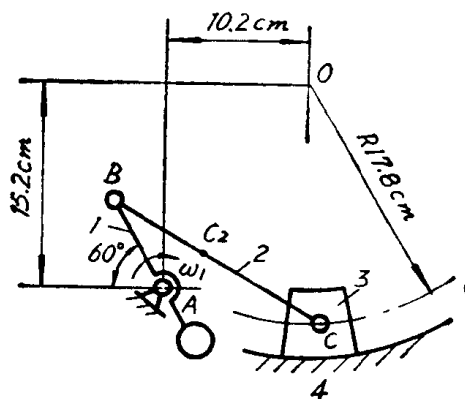
题 2-6

2-6. 在图示摇块机构中, 已知曲柄等速转动, 角速度 $\omega_1 = 40 \text{ rad/s}$, $l_{AB} = 100 \text{ mm}$, $l_{AC} = 200 \text{ mm}$, $l_{BS_1} = 86 \text{ mm}$, 又 $\theta = 90^\circ$ 。试用相对运动图解法求连杆 2 的角加速度及 S_2 点的加速度。

2-7. 在图示导杆机构中, 已知角速度 ω_1 , 试用草图画出机构的速度图和加速度图。



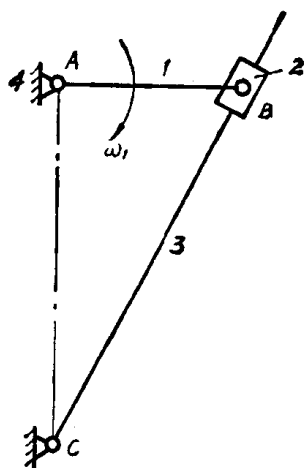
题 2-7



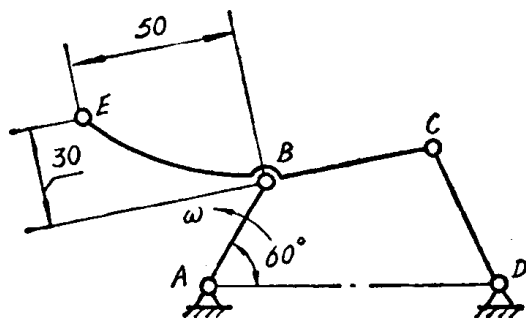
题 2-8

2-8. 在图示曲柄滑块机构中, 已知曲柄作等速转动, 角速度 $\omega_1 = 300 \text{ rad/s}$, $l_{AB} = 7.62 \text{ cm}$, $l_{BC} = 17.8 \text{ cm}$, $l_{C_2} = 7.62 \text{ cm}$, 试用相对运动图解法求 C 点、 C_2 点的速度和加速度以及件 2、件 3 的角速度和角加速度。

2-9. 在图示的导杆机构中, 设已知各构件的长度 $l_{AB} = 60 \text{ mm}$, $l_{AC} = 120 \text{ mm}$, $\angle BAC = 90^\circ$, 原动件以等角速度 $\omega_1 = 30 \text{ rad/s}$ 转动, 试求导杆 3 在图示位置时的角速度和角加速度。



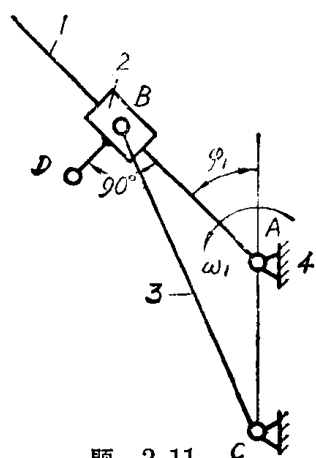
题 2-9



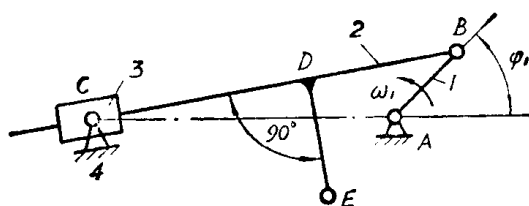
题 2-10

2-10. 在图示的四杆机构中, 设已知各构件的长度 $l_{AD} = 85 \text{ mm}$, $l_{AB} = 35 \text{ mm}$, $l_{CD} = 45 \text{ mm}$, $l_{BC} = 50 \text{ mm}$, 原动件以等角速度 $\omega = 10 \text{ rad/s}$ 转动, 试求在图示位置时 E 点的速度 v_E 和加速度 a_E 。

2-11. 在图示的转动导杆机构中, 如果 $l_{BO} = 100 \text{ mm}$, $l_{AO} = 50 \text{ mm}$, $l_{BD} = 20 \text{ mm}$, $\varphi_1 = 45^\circ$ 及曲柄 1 的等角速度 $\omega_1 = 20 \text{ rad/s}$, 求滑块上 D 点的绝对速度和加速度及构件 3 的角速度和角加速度。



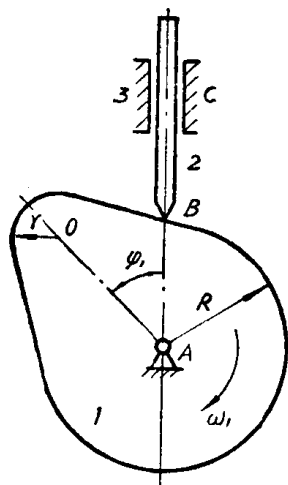
题 2-11



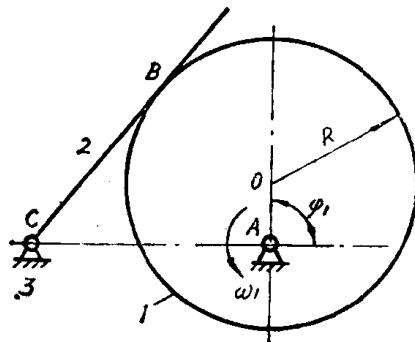
题 2-12

2-12. 在图示的摆块机构中, 如果 $l_{AB}=30\text{ mm}$, $l_{AC}=100\text{ mm}$, $l_{BD}=50\text{ mm}$, $l_{DE}=40\text{ mm}$, $\varphi_1=45^\circ$, 曲柄 1 沿逆时针方向回转, 其等角速度 $\omega_1=10\text{ rad/s}$, 求 D 点和 E 点的速度和加速度及构件 2 的角速度和角加速度。

2-13. 在图示的凸轮机构中, 已知机构的尺寸 $r=15\text{ mm}$, $R=40\text{ mm}$, $l_{OA}=50\text{ mm}$, $\varphi_1=45^\circ$ 及凸轮 1 的等角速度 $\omega_1=5\text{ rad/s}$ 。求从动杆 2 的速度和加速度。



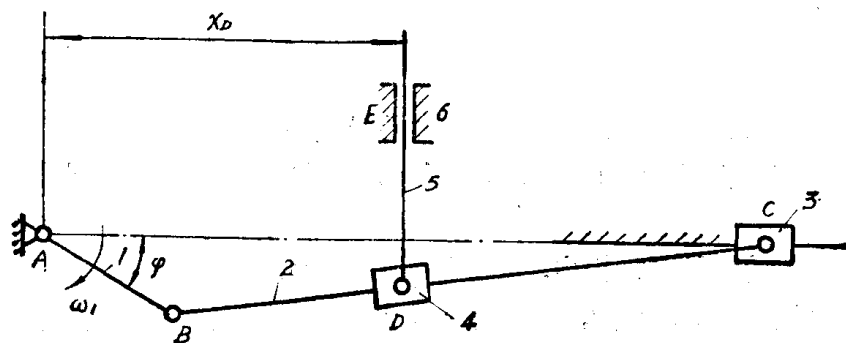
题 2-13



题 2-14

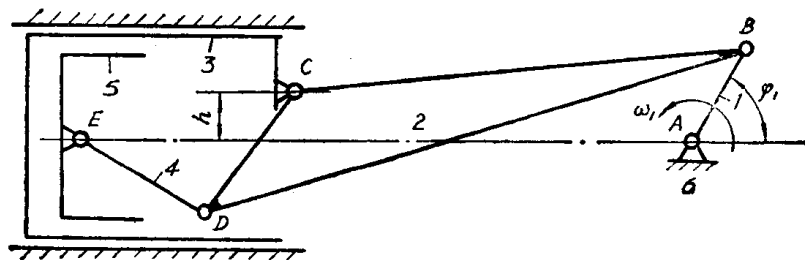
2-14. 在图示的凸轮机构中, 如果 $R=50\text{ mm}$, $l_{AO}=20\text{ mm}$, $l_{AO}=80\text{ mm}$, $\varphi_1=90^\circ$ 及凸轮的角速度 $\omega_1=10\text{ rad/s}=\text{常数}$ 。求从动杆 2 的角速度和角加速度。

2-15. 在图示的机构中, 已知 $l_{AB}=50\text{ mm}$, $x_D=120\text{ mm}$, $l_{BC}=200\text{ mm}$, $\varphi=30^\circ$ 及等角速度 $\omega_1=10\text{ rad/s}$, 求构件 5 的速度和加速度及连杆 2 的角速度和角加速度。



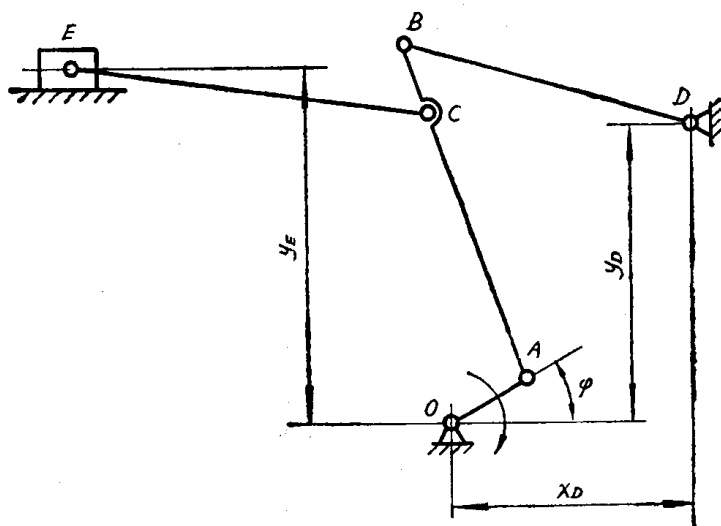
题 2-15

2-16. 在图示的蒸汽机机构中, 如果 $l_{AB}=180\text{ mm}$, $l_{BC}=760\text{ mm}$, $l_{BD}=950\text{ mm}$, $l_{CD}=250\text{ mm}$, $l_{ED}=240\text{ mm}$, $h=80\text{ mm}$, $\varphi_1=60^\circ$ 及曲柄 1 的等角速度 $\omega_1=15\text{ rad/s}$, 求 E 点相对于 C 点的速度和加速度。



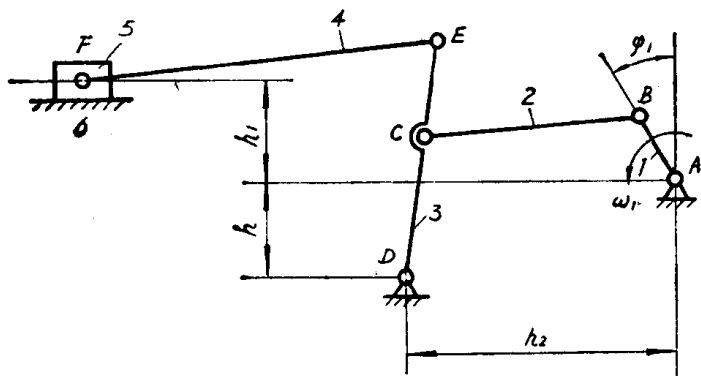
题 2-16

2-17. 在图示的干草压缩机中, 已知曲柄 OA 的转速 $n=50\text{ r/min}$, $l_{OA}=150\text{ mm}$, $l_{AB}=600\text{ mm}$, $l_{BC}=120\text{ mm}$, $l_{BD}=500\text{ mm}$, $l_{CE}=600\text{ mm}$, $x_D=400\text{ mm}$, $y_D=500\text{ mm}$, $y_E=600\text{ mm}$ 及 $\varphi=30^\circ$, 求活塞的速度和加速度。

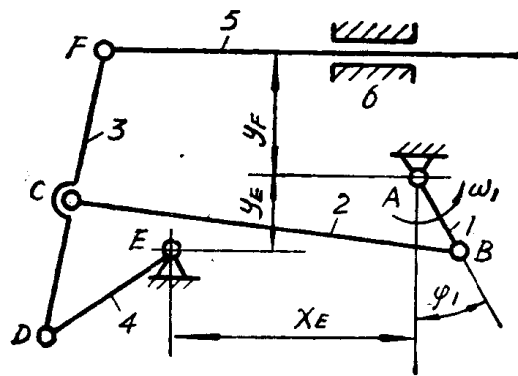


题 2-17

2-18. 在图示的发动机机构中, 已知 $l_{AB}=60\text{ mm}$, $l_{BC}=180\text{ mm}$, $l_{DE}=200\text{ mm}$, $l_{CD}=120\text{ mm}$, $l_{EF}=300\text{ mm}$, $h=80\text{ mm}$, $h_1=85\text{ mm}$, $h_2=225\text{ mm}$, $\varphi_1=30^\circ$ 及等角速度 $\omega_1=100\text{ rad/s}$. 求活塞 5 的速度和加速度及构件 4 的角速度和角加速度。



题 2-18



题 2-19