# 3.2.1

Three usages of rotation matrix:

1. represent the orientation
2. change the reference frame
3. rotate a vector or frame

可以这样理解旋转矩阵，表示以s为参考，b的xyz三个坐标列向量组成的矩阵

下标可以相消，不论是两矩阵下标还是矩阵和向量的下标，向量下标表示参考系

如果是，表示把b坐标系下的向量在s下表示，结果；如果是，则是在坐标系s下得到一个新向量，用R旋转了一下

若把R当做旋转运算符，则固左运右

# angler velocity

坐标系旋转的角速度可以用一个轴向量和值标量相乘表示：

则线速度为

故旋转矩阵的速度=w叉乘R=[w]R，即角速度的矩阵表示：

，

# Exponential Coordinates of Rotation

为了计算绕轴旋转t时间后的坐标：

由于

故=[]p(t) 其中=1，θ就相当于时间t，意思是“单位时间”转过“单位角度”，这样才能把θ看成时间，不然没法解

这是一个一阶微分方程，解为=，而相当于一个旋转矩阵R把旋转到，故指数运算实现了转换。其中=

故：指数运算exp：（so3->SO3）相当于积分，从速度到位移;（注意是不是或者或者）

对数运算log：SO3->so3)相当于微分，从位移到速度

# 3.3.1 Homogeneous Transformation Matrices

，为SE(4)，

三种用途：

1. represent a configuration
2. change reference frame
3. displace a vector or frame

，同样可以下标相消，注意p向量扩展成四维即可

注意：，顺序记住。可以看成两个T相乘，一个只平移一个只旋转

当我们使用T来move一个坐标系b（相对于s）时，“固左运右”，即：

若对左乘某个T，则T的位移和旋转轴都是参考固定坐标系s的，且先旋转再平移（因为）；若右乘则先平移再旋转，且使用的是移动坐标系下的位移和旋转轴

# Twist

使用一个screw axis 来表示围绕此轴同时具有旋转和平移的运动

使用（六维向量）来表示当=1时的screw axis，就是，就是

为了计算在此坐标系下的瞬时速度，令，则：

瞬时速度 = ，为沿着screw axis方向的速度＋绕轴旋转速度

使用twist：作为完整的速度表示

两种情况：（1）h无穷大：，则

（2）h有界：

Twist变换坐标系：

，为6\*6阶矩阵，则

Twist的矩阵表示：

[]=, []=

# 指数表示

同理，exp表示从se(3)->SE(3)

即和T都属于SE(3)

其中：（1）h无穷大：，则

（2）h有界：则

使用指数表示求解位置：

或，仍然是固左运右

# wrench

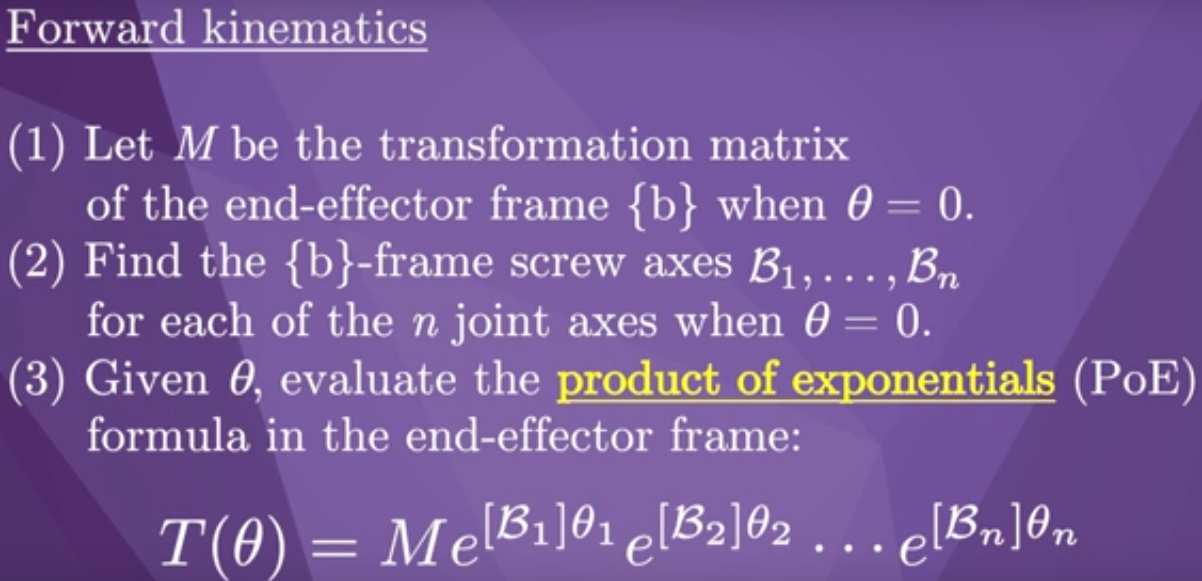
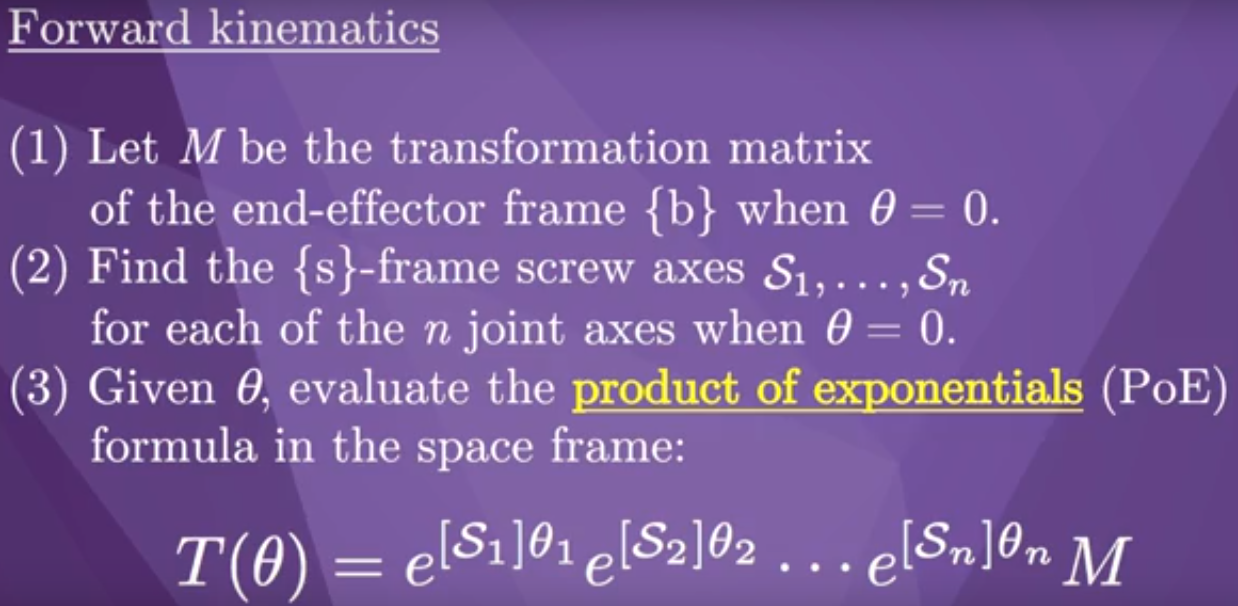
使用wrench表示力和力矩：

，其中m为力矩，f为力

功率（twist乘wrench）

不同坐标系下的F转换和V一样，为

# 4 forward kinematics



注意：

1. 找角轴S时，角轴就是此次旋转的轴，而参考坐标系是可以选择s或者b的；
2. S中的和都是以角轴为轴，参考坐标系的速度
3. 以上ppt中的θ表示的是某个最小表示变化量，也就是说最后的相当于是用各个θ和系统参数（如连杆长度L等）来表示出来的三维坐标。