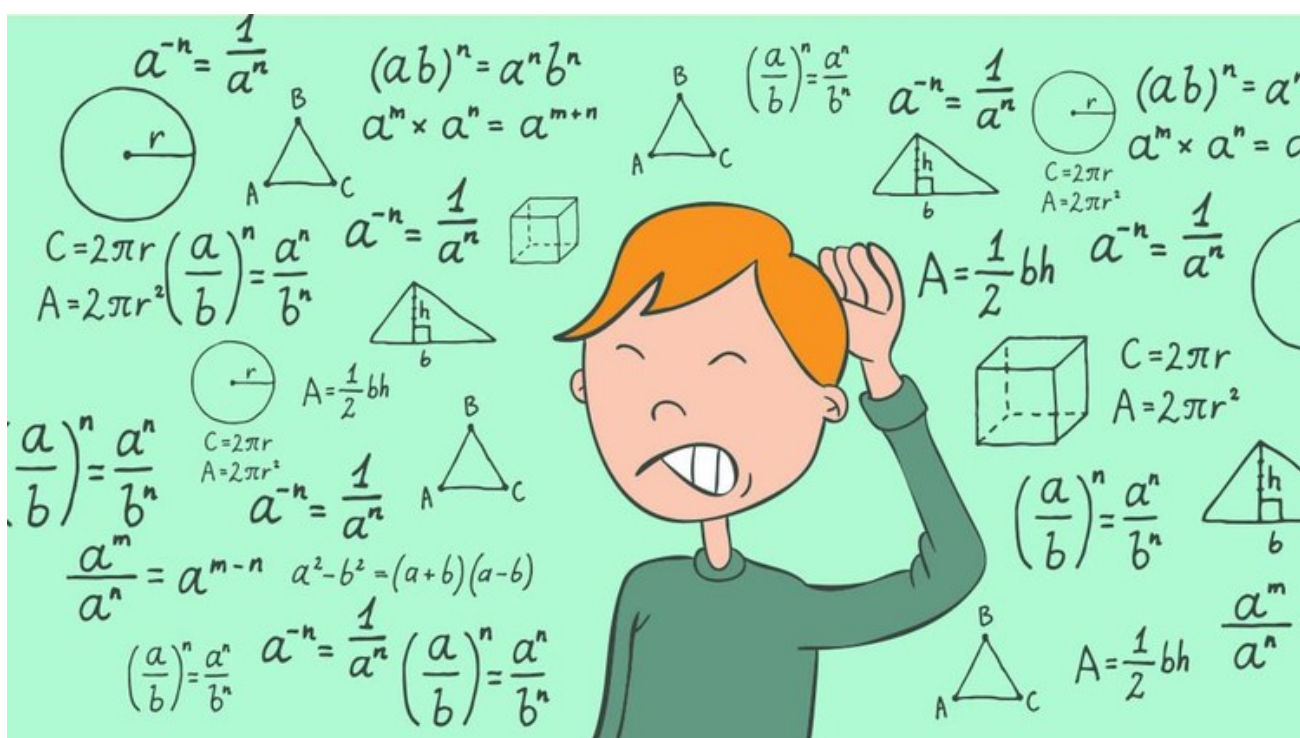


数学函数及几何计算引擎

1 背景简介

传统中学数学中函数、立体几何的教学通常使用板书等平面化形式，对学生的空间几何感要求较高，所以本课题希望开发出通用的虚实融合计算引擎，以弥补传统教学的不足。



2 需求内容

2.1 研究目的

制作通用、可扩展的数学函数及几何计算引擎，提供良好的抽象和接口，支持一系列的数学实验和教学。

使用此引擎，制作一个完整的教育应用实例“函数参数与函数图形推导实验”，实现良好的用户交互及学生指导，发挥教育作用。实验示例需以 AR/MR 形式呈现（前期可以先在 PC 平台开发项目原型，之后再移植），推荐使用 MR（能够更好的满足课题虚实融合的要求）。

可以根据自己的思考对具体功能进行优化和调整，着重于两方面考虑，一个是能凸显本平台的

重要性（传统教学平台做不到），一个是能凸显虚拟实验的重要性（实体实验做不到），比如：

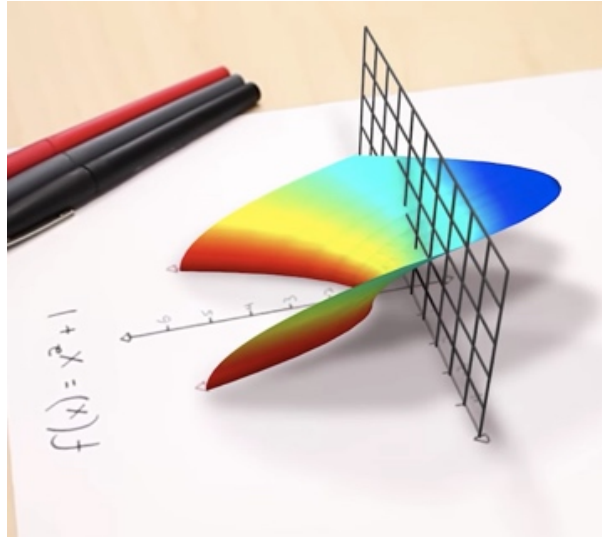
- 1) 动态理解函数参数对函数曲线的影响；
- 2) 多角度多方位观察立体几何图形；
- 3) 通过 AR/MR 实现真正的立体，解放学生的空间想象力。

2.2 引擎功能

功能主要分为“函数可视化”和“立体几何”两部分，优先完成函数可视化及应用实例“函数参数与函数图形推导实验”。第一阶段先完成项目原型，实现基本功能的支持，细节部分之后再逐步改进。

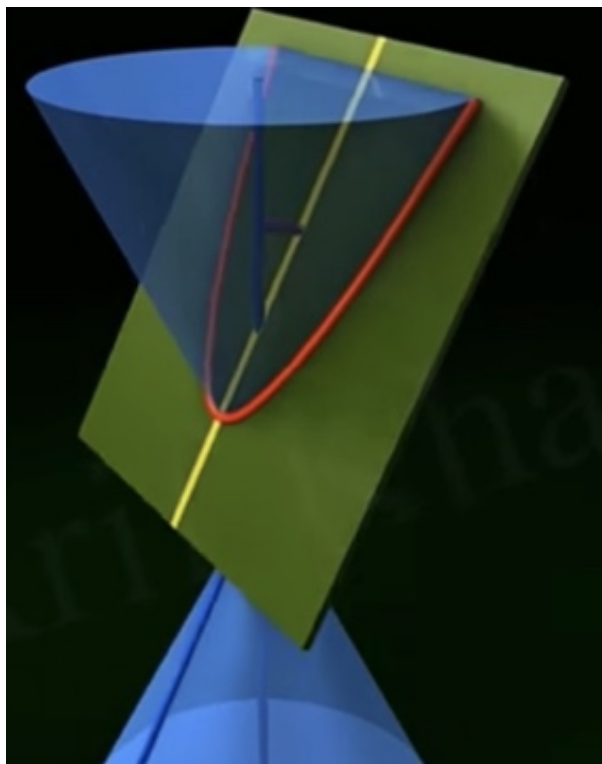
2.2.1 函数可视化

- 支持二维及三维常见函数的绘制（如抛物线、双曲线、椭圆等），展现曲线的形成和几何性质
 - 对任意给定的二维函数 $y=f(x)$ ，支持其可视化
 - 对任意给定的三维函数 $z = f(x, y)$ ，支持其可视化，如下图
 - 支持函数参数动态调整。如对于 $y=af(x)$ ，能够调整 a 的大小并在可视化图形中体现变化
 - 支持数值计算。如给出指定位置的函数值。
 - 实现高级 Shader 特效。如通过颜色区分函数值大小、突出显示函数选中位置等。
- 制作一个完整的教育应用实例“函数参数与函数图形推导实验”，引导学生进行探究式学习，并以 AR/MR 形式呈现。使用硬件提供的各类功能（手势识别等），提供自然的人机交互。



2.2.2 立体几何

- 提供预设的常见形状（如正方体、球体、四面体等），并支持在预设形状基础上进行修改，及绘制自定义的立体几何形状
 - 支持便捷地设定形状参数，如边长、角度等
- 提供对形状的交互操作
 - 支持辅助线的编辑，如允许在边上选取顶点、允许连接任意顶点成为线段（如选取 AB 中点 F，AD 中点 E，连接 EF）
 - 支持测量长度、角度等
 - 支持形状的切割、合并
 - 支持使用平面进行切割，并展示截面与曲线，如下图展示了平面切割圆锥生成一个抛物线

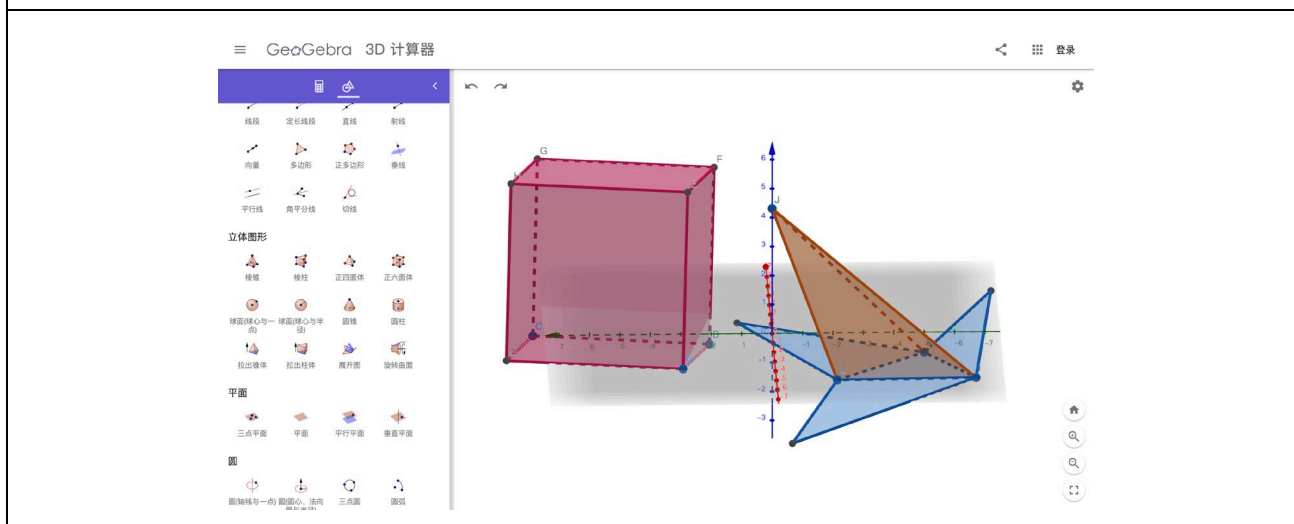


- 支持投影视图及三视图（正视图、侧视图、俯视图）
- 支持几何体数值计算。如计算任意线段长度、线段之间的关系、线段与面的关系（平行、垂直）、线段之间平面之间的夹角数值（如 AB 平行于 CD , EF 垂直于平面 ACC_1A_1 等）
- 实现高级 Shader 特效。如自定义 Shader 突出平面切割线（上图中的红线），虚线显示遮挡边及辅助线等
- 制作一个完整的教育应用实例，内容自定，引导学生进行探究式学习，并以 AR/MR 形式呈现

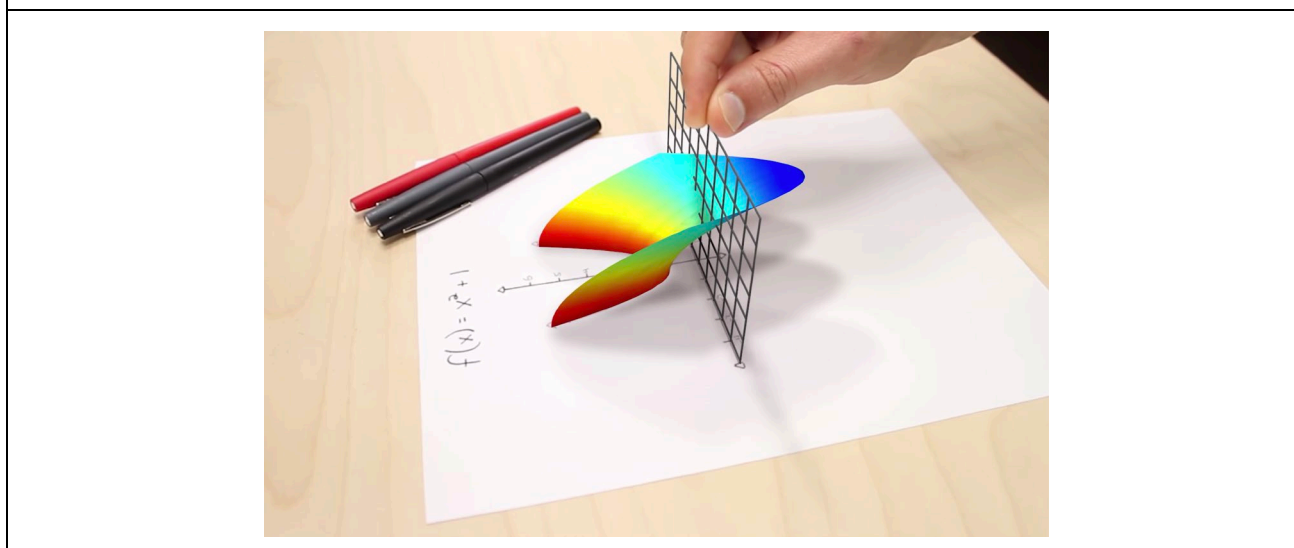
3 参考资料

可以参考市场中现有的几何软件，构思并整理数学立体几何操作平台的所需功能。以下是一些示例：

Geogebra 3D 计算器：<https://www.geogebra.org/3d>

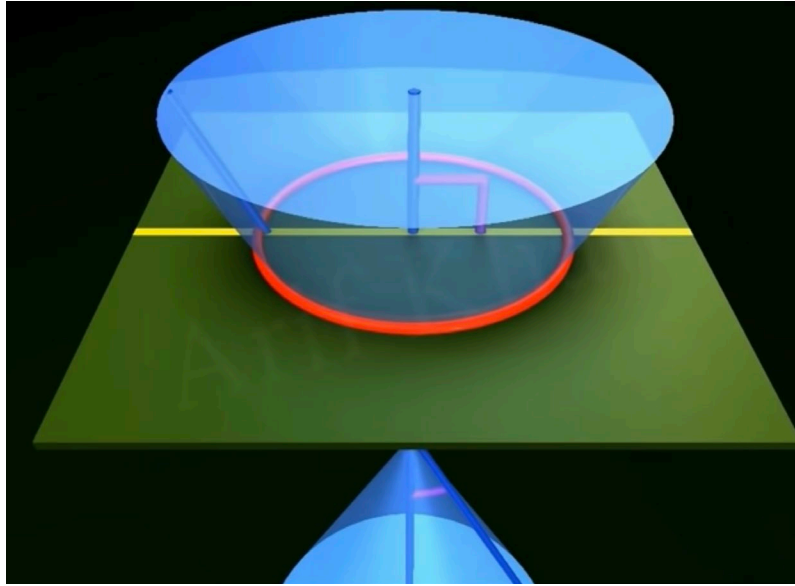


Welch Labs: <https://www.youtube.com/watch?v=T647CGsuOVU>



Conic Section 3D Animation:

<https://www.youtube.com/watch?v=HO2zAU3Eppo&t=4s>



4 实验室硬件设备

可以参考使用以下设备进行 XR 应用开发。

- Xlmmerser 眼镜 (MR, android)
- HoloLens 2 眼镜 (MR)
- Oculus Rift 头盔 (VR)
- iPad (AR)