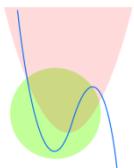


SQY Graphic Calculator
Version 4.4+

稽何计算器
用户说明
Version 4.4+
第2次修订



SQY Graphic Calculator
SGC

SQY

使用须知

感谢您对 SGC 的在线、离线软件感兴趣。我们的软件使您能够探索数学。您可以使用 SGC 来绘制函数、创建动画、编辑程序、进行几何构造等。

若要使用 SGC，您同意如下条款：

- a. SGC 是开源软件。您不对 SGC 进行无意义的二次改编或者将 SGC 代码据为己有。
- b. 不对 SGC 官网发送、存储无意义的信息。
- c. 不得将 SGC 用于：
 - i. 违反中华人民共和国宪法、其他法律法规以及其他您所在地方的法律法规；
 - ii. 以计算器为媒介传播非法内容（包括但不限于暴力、色情、淫秽、辱骂、骚扰、侵权内容）；
 - iii. 使用此计算器进行考试作弊行为等（SQY 对因此产生的后果不承担任何责任）；
- d. 将 SGC 用于您个人的非商业用途，在为商业用途前请先申请。

这些条款可能会进行修订、增补。您在条款更新后继续使用 SGC，即表示您同意修订后的条款。如果不同意，您必须停止使用 SGC。SGC 保留在通知或不通知您的情况下修改或终止使用 SGC 的权利。

SQY 版权所有。本软件源代码开放，但复制、使用源代码需要标注原作者。

2025.4

简要介绍

稽何计算器(SQY Graphic Calculator, SGC)是一个数学软件,始于2022, 主攻图形相关数学知识, 在 scratch 以及能支持 scratch 3 的平台上运行。SGC 功能丰富, 支持显函数、隐函数、参数方程、极坐标等多种类型。在 TurboWarp、html 环境下, 运行速度与 desmos, GeoGebra 接近。您可以设置自己的参数, 以获得比 desmos 更好的绘图效果。

SGC 兼容性高, 手机、平板电脑、电脑上都可以运行。

目前, 最新的版本是 4.5.2。4.5 以上的版本能在 SGC 内获取更新。

访问 <https://sqy419.axolotlpower.com/sgc> 获取更多信息。

致谢:

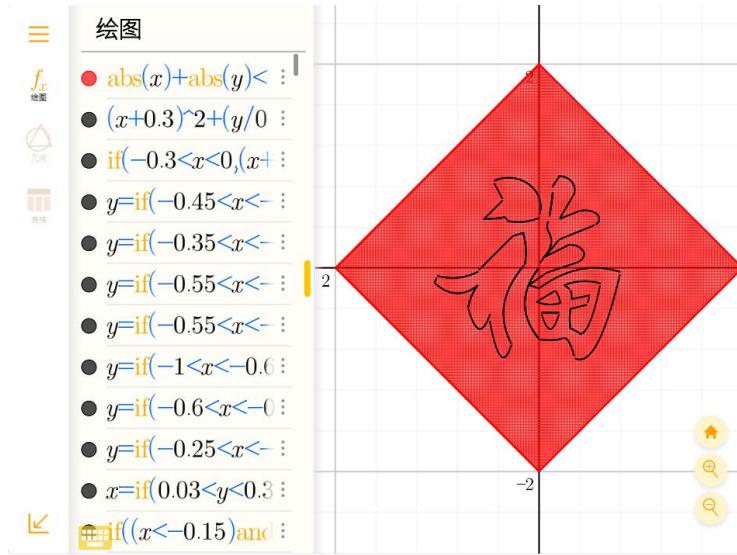
1. obdopqo-四万字超大画笔字库代码以及示例字库
(使用教育部-通用规范汉字表, 约减后收录 10000 余字符)
2. Alpha Math、Origin 图形计算器: 同类优质作品, 借鉴其部分思路
3. -6-科学计算器中的公式渲染以及幂计算、傅里叶变换音乐生成器
4. 其他对 SGC 的开发做出贡献的开发者

使用了如下非原创内容:

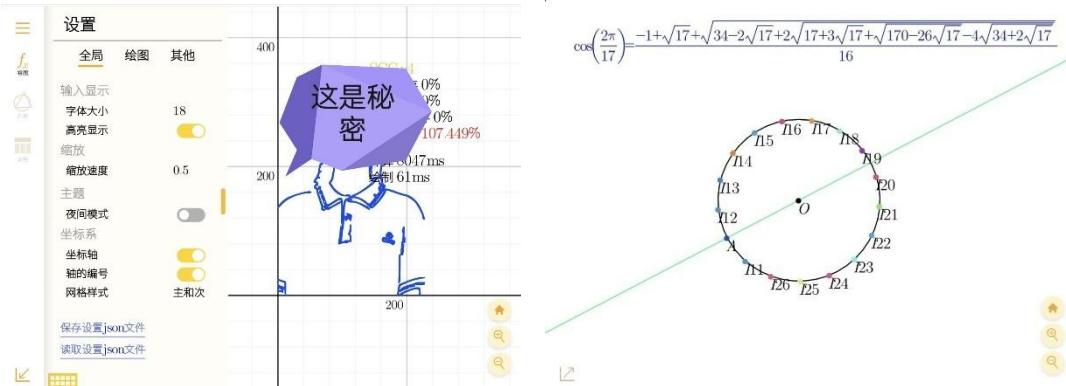
1. CMU Sans Serif、CMU Serif、Jetbrains Mono 等字体。

使用 SGC, 探究数学之美

Enjoy math with SGC



不善言辞，如何表达情感？面对喜欢的人，总不能只用乏味的词语。SGC 帮助你使用数学之美，win his/her heart.



使用 SimpleSTeX，显示 TeX 与图像的结合。

常见问题

1. 为什么画不了图像?
 - a. 可能是你没有点 enter。只有将函数输入后,点击 enter 或者虚拟键盘上的箭头,才能解析输入的内容并绘制。目前 SGC 不支持预览功能。
 - b. 可能是你输入的函数计算比较复杂,需要解析较长时间,或者精度较高的隐函数。
 - c. 出现 bug。烦请和作者反馈。
2. 为什么我保存的东西没法导入 Arch,为什么 Arch 计算器里面的某些东西没法导入进来?
有些函数语法不一样。目前 SGC 只能导入自己的存档。
3. 为什么画出来的隐函数效果很差,丢失细节?
(参见章节 10.2)
这有可能是精度不足。在设置选择“绘图”,在当前模式中点击“隐式精度”,输入合适的精度。精度过高可能会导致软件崩溃。精度很高的时候绘制中建议不要进行其他操作,否则可能会计算错误。拖动网格的时候可能会终止正在进行的计算。

1 主界面

- 1.1 界面介绍
- 1.2 基本操作
- 1.3 键盘
 - 1.3.1 帮助

2 输入

- 2.1 输入方式
- 2.2 输入语法

3 输入对象操作

- 3.1 主要界面操作
- 3.2 小窗口操作

4 绘制

- 4.1 平面绘制
- 4.2 3D 绘制

5 计算引擎

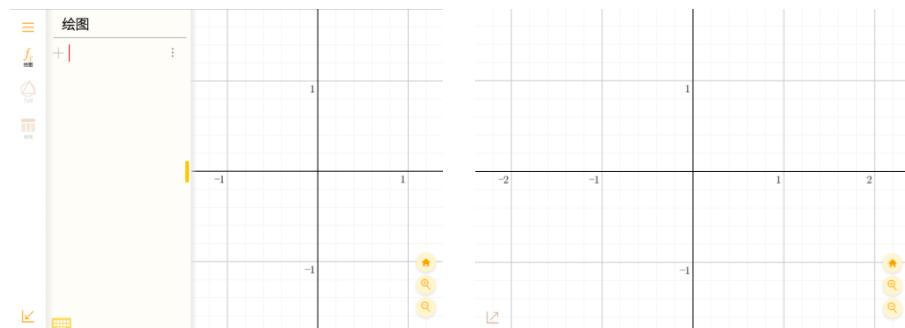
- 5.1 技术参数
- 5.2 计算
- 5.3 高级运算符

约定

1. Infinity 必须大写,小写的 infinity 不是 Infinity。
2. 在计算中, true=1, false=0。
3. 计算中,常数 Pi 和 EulerGamma 也可以不大写。但是 Gamma 不指代 EulerGamma, 而是指代 Gamma 函数。
4. SGC 标准颜色代码: aabbccdd。aa 填入颜色, 范围 0 至 99.bb 填入饱和度, 范围 0 至 99.cc 填入亮度, 范围 0 至 99.dd 填入透明度, 范围 0 至 99. 如 00999900 是相当于#ff0000 的红色。
5. SGC 的像素坐标系范围: $x:[-240,240]$, $y:[-180,180]$ 。

1 主界面

1.1 界面介绍



点击小绿旗, 启动计算器之后,会有如图的界面。这就是主界面。左侧浅黄色区域为输入区, 右边有网格的区域是图形区。

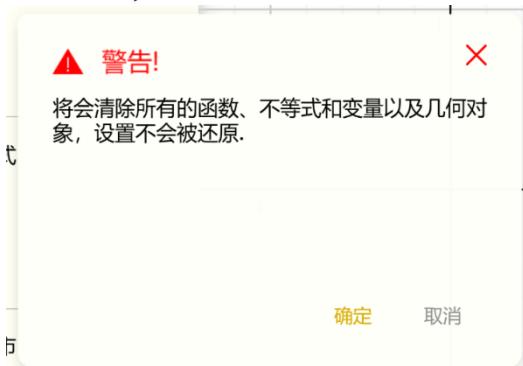
按下小房子图标可以使坐标系回到初始位置, 使用放大镜图标可以放大或者缩小坐标系。

左边白色区域是模式区,最上面三条横线的按钮可以打开菜单,最下面的按钮可以隐藏输入区,全屏显示图形,再次按下此按钮可以显示输入区。

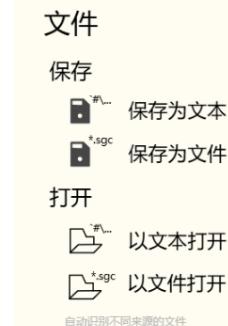
1.2 基本操作



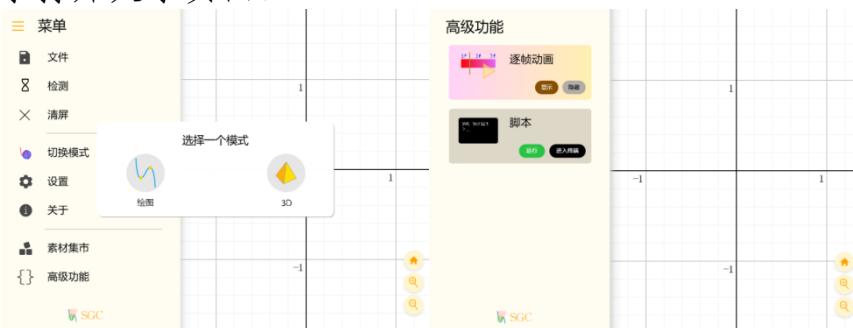
菜单栏打开后有几个选项。点击文件打开文件面板,可以保存 sgc 文件,或者打开 sgc 文件。目前不支持格式转换。点击清屏将会弹出确认窗口,确认后将会清空屏幕,但是设置不会被还原。



点击检测会运行检测模式,但这个功能并未完成。

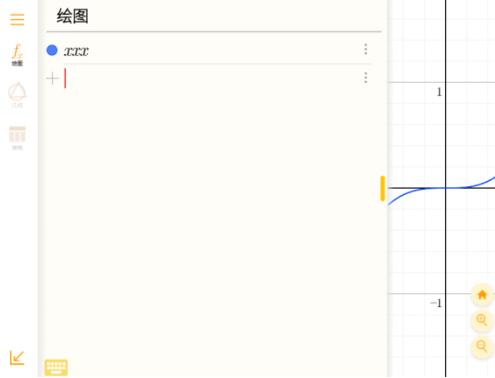


点击切换模式可以切换到平面或者 3D 坐标系。点击设置打开设置,点击关于打开关于页面。



点击素材集市打开素材库。

点击高级功能可以选择打开动画模式以及脚本终端,点击里面的按钮即可。

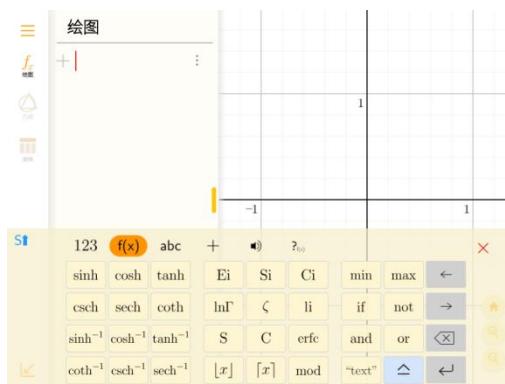


在函数显示区,你可以拖动黄色的小条,来更改显示区的大小。下方有一个黄色的键盘图标,点击即可打开虚拟输入键盘。

1.3 键盘



打开键盘后,键盘上方会有一个橙色圆框,还有“123”“f(x)”“abc”“+”“喇叭”“?f(x)”几个按钮,点击前三个即可切换到对应的输入模式。点击加号从外部导入表达式,点击喇叭播放当前坐标系中函数的声音,点击问号打开帮助页面。在帮助页面可以搜索函数并查看说明。123模式可以输入0~9的数字, π , e , x , y , z 等常见量,也可以输入常用运算符,包括 $+, -, *, /, ^$ 等。



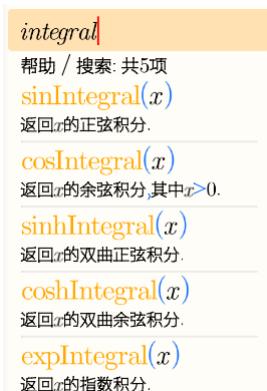
$f(x)$ 模式可以输入函数,abc 模式可以输入字母和一些常数。蓝色向上箭头按钮是 shift,点击后键盘左上角会出现蓝色 S \uparrow 字样,某些按钮会变化。长按键盘上的键可以连续输入。键盘右上角有一个红色小叉,点击可以关闭键盘。输入区被隐藏后将无法打开键盘。

Shift 键的高级功能:按下 shift 再按下左右按钮,可以快速跳到当前表达式开头或者结尾。点击删除可以删除光标前一个字符,长按可以快速删除。类似箭头的按键是 enter,可以将你输入的内容写入输入区并绘制。在实际的键盘下按 enter 作用等同。注意:错误的表达式在按下 enter 键后也会被输入,空白的内容不会被输入。

1.3.1 帮助



点击第六个“?f(x)”按钮打开帮助。上方搜索框操作与下面提到的函数输入方法一样。点击右上角红色叉关闭帮助。



例如搜索“integral”，出现了五个包含 integral 的函数。请注意，搜索也会显示相关结果，例如搜索“si”会出现 sin。

在帮助中点击某项，可以查看说明。例如点击“sinIntegral”，出现如图所示页面：



点击返回退回上一页。

2 输入

2.1 输入方式

SGC 提供了多种输入方式,你可以在虚拟键盘从外部导入表达式,也可以打开虚拟键盘进行输入,还可以直接按真正的键盘输入。

注意: 由于 scratch 3 不支持 backspace,故删除键用“”代替。长按可以快速删除。



点击确认即可在光标前插入你的输入。

2.2 可以输入的内容

在输入时,表达式左侧会有一个加号。点击加号能打开类型小窗口,可以选择输入为 SGC 表达式或者纯文本,点击即可选择。纯文本可以作为注释,不会被计算,语法错误会被忽略。



2.3 输入语法

目前 SGC 支持多种输入结构,包括但不限于显函数、参数方程、隐函数、常量函数(直接输出常量结果)。注意: 输入均为英文输入法! 中文符号无法解析! 中文可以作为变量。

SGC 的输入默认使用 CMU Serif 系字体,带有高亮显示,这样可以清晰的显示你输入的内容。函数是黄色,常量是绿色,运算符是蓝色,文本是灰色,其余是黑色。其中,自定义函数以斜体显示,系统函数以正体显示。

$\sin(ax+b)$

这高亮可以在设置中关闭，关闭后将显示

$$\sin(ax+b)$$

SGC 将会自动检测输入内容,这称作“错误检查”,包括括号是否匹配、二元运算符是否合理、是否缺少输入对象、输入是否有效等。若你输入的内容有问题,将会在输入区左侧显示一个红色“警告”符号,否则是一个灰色的“加号”。比如输入“ $0=\sin(xx)+\sin(yy)$ ”,将会显示警告图标,将光标移动到最后并输入“)”补全即可。输入完成后,按下 enter 即可绘制或者输入。

▲ $0=\sin(xx)+\sin(yy)$:
+ $0=\sin(xx)+\sin(yy)$:

自动补全与错误检查

你可以输入:

输入	输入解释	转义
$2\sin(2x)$	常量*函数,常量*变量	$2*\sin(2*x)$
xx	变量*变量	$x*x$
$ax\sin(x)$	变量*函数	$a*x*\sin(x)$
$xs\sin x$	省略一个括号的函数	$x*\sin(x)$
$(x+1)(x-5)$	省略乘号的两个式子	
$2 < x < 5$	中间部分只有一个内容的不等式	$2 < x \text{ and } x < 5$

注意: 遇到了可以解析成多种函数的内容,例如 asinh ,会按照最长的函数进行解析。例如: 想要输入 $a*\sin(x)$,不可以输入 $\text{asin}(x)$ 。否则会解析成 $\text{Arcsin}(x)$ 。

不可以输入:

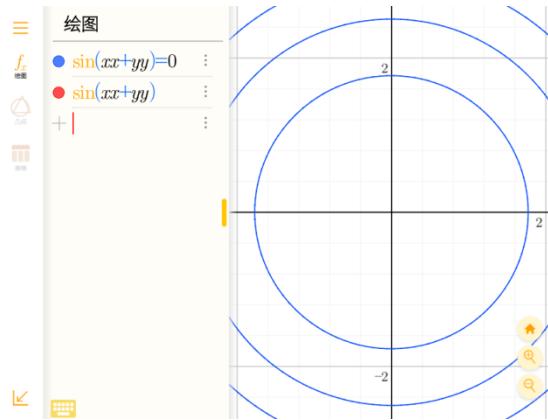
$2 < (x+1) < 5$,中间部分包含两个及以上内容的不等式

sinsinx ,两个不带括号的函数

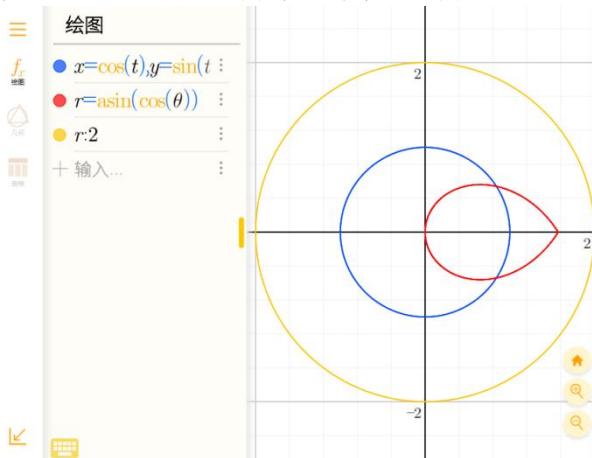
$\sin^2(x)$

输入规范:

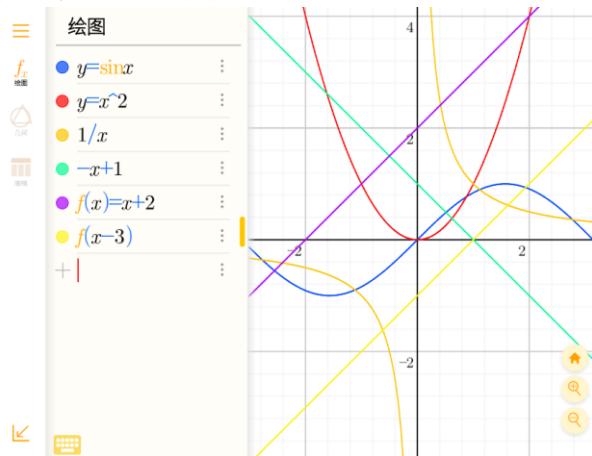
若要输入隐函数,需要有隐式符号才能判定为隐函数。如“ $\sin(xx+yy)$ ”就会被识别为二元显函数,“ $\sin(xx+yy)=0$ ”才能被识别为隐函数。隐函数不支持形如 $1 < x < 2$ 这样的输入。如果要绘制如上所述的图形,你需要输入: $\text{if}(1 < x, x) < 2$.请注意: 隐函数/不等式必须在最外层拥有一个判断符号。 $(xy=1)$ 这种输入不是隐函数,而是判断表达式。



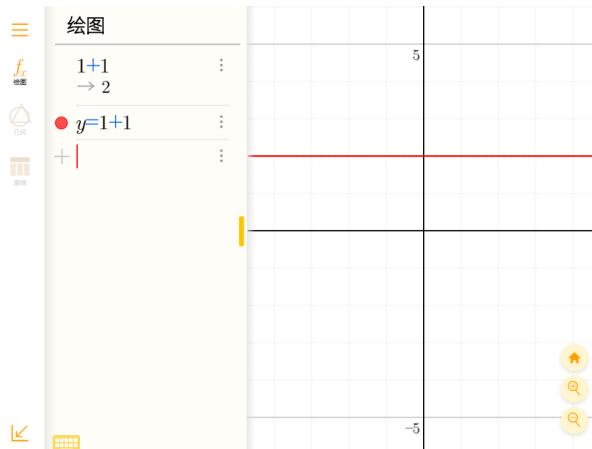
若要输入二元参数方程, 格式为: $x=(fcntx),y=(fcnty)$ 。变量均为 t , 范围目前可以在设置中更改。如绘制半径为 1, 圆心为 $(0,0)$ 的圆, 可以输入 $x=\cos(t),y=\sin(t)$ 。若要输入极坐标函数, 需要输入: $r=<fcn\theta>$, 或者 $r:<fcn\theta>$ 强行定义极坐标函数, 避免和变量 r 冲突, 比如输入 $r=\text{asin}(\cos(\theta))$, 或者 $r:2$, 强行绘制半径为 2 的圆。



若要输入一元显函数, 可以直接输入函数的内容。比如函数 $y=1+x$, 可以直接键入 $1+x$, 也可以输入 $y=1+x$, 或者 $f(x)=1+x$ 。以最后一种方式输入的函数, 将可以在后面进行调用。



若要进行常量计算, 系统将会自动识别。比如 $1+1$, 会直接输出 $=2$, 而不是画一条 $y=2$ 的直线。若想画出这种直线, 你可以输入 $y=1+1$ 。这样就会把这个式子识别为显函数而不是常量。



变量分可播放变量和常量。创建变量可以输入 $a=0$, 也可以输入 a 直接按下 enter。SGC 会自动创建未定义变量并显示滑动条, 但是定义为可播放变量。常量不带有滑动条。记变量内容为 u, 如果 u 仅为一个实数, 那么是可播放变量, 否则是常量。比如 $a=\sqrt{2}$ 是常量. 若要创建 $a=1$ 这一常量, 可以输入 $a=1+0$.



SGC 支持定义你自己的函数。比如定义函数, 名为 $f1$, 参数为 u , v , 表达式为, 输入如下内容:

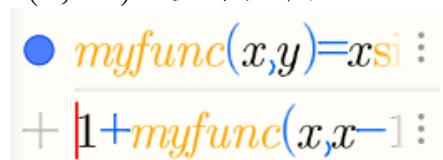
$$f1(u,v)=u-v\sin u$$

未定义的函数以黑色展示, 已定义的函数以黄色斜体展示。

请注意: SGC 支持定义拥有多个参数的函数。如果需要创建包含系统函数名的自定义函数, 如 $\text{mysin}()$, 需要在其中包含至少一个下划线。如 $\text{my_sin}(x)$ 为合法命名。

例如定义 $\text{myfunc}(x,y)=x\sin y$ 。

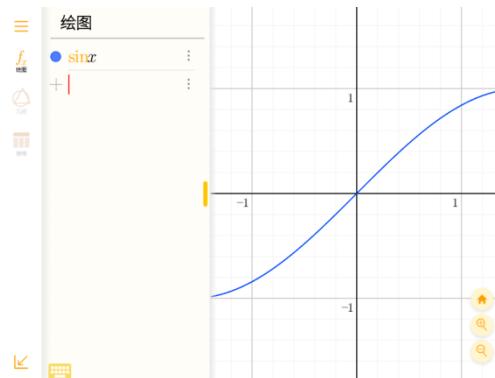
并且输入 $1+\text{myfunc}(x,x-1)$, 显示如图。



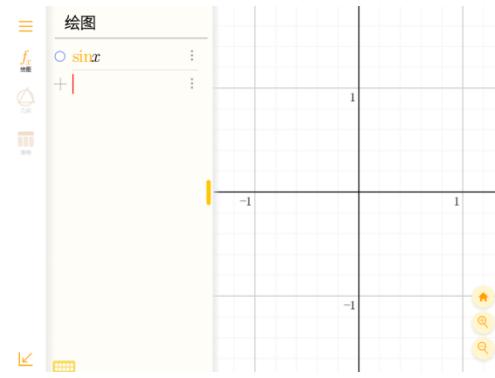
3 输入对象操作

3.1 主要界面操作

输入一个非常量、变量对象后,左侧会出现一个彩色圆形。点击此圆形即可使当前对象显示或者隐藏。常量、变量对象将不会有此圆形,而是空的。



输入了 $\sin x$ 。现在显示的是 $\sin x$ 的图像。



点击小圆形后, $\sin x$ 这一对象被隐藏。

3.2 小窗口操作

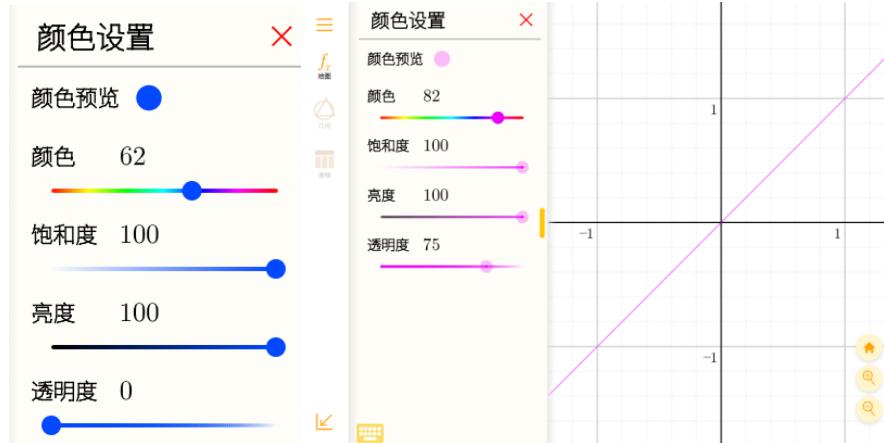
一个对象的最右侧有三个小点。点击后将会打开小窗口,有若干选项。



点击“重复输入”将会把选择的对象复制到当前光标的位置之前。点击“重复输出”将会把选择的对象所得到的结果复制到当前光标的位置之前,例如重复“ $1+1$ ”的输出得到 2。点击“导出”将会导出选择的对象至一个列表,三击列表显示的那一项进行复制。



点击“颜色”将打开样式设置面板,你可以更改颜色,饱和度,亮度和透明度,下方可以预览修改后的颜色。点击“删除”将会删除选择的对象。



拖动滑动条即可修改参数.

4 绘制函数

4.1 平面绘制

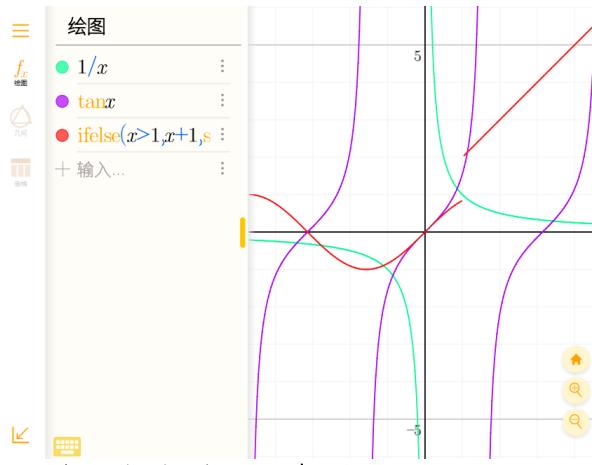
按住坐标系并拖动,可以改变坐标轴的位置。滚动鼠标滚轮,可以放大或缩小坐标系。滚动鼠标滚轮将会以鼠标为中心进行缩放,点击右侧小按钮将会以软件像素坐标系原点为中心缩放。

SGC 的显函数采用区块加载,未加载到的地方在拖动时不会被绘制,松手后将会计算未加载部分并重新绘制。隐函数也加入了缓存功能,这样可以节省计算时间。

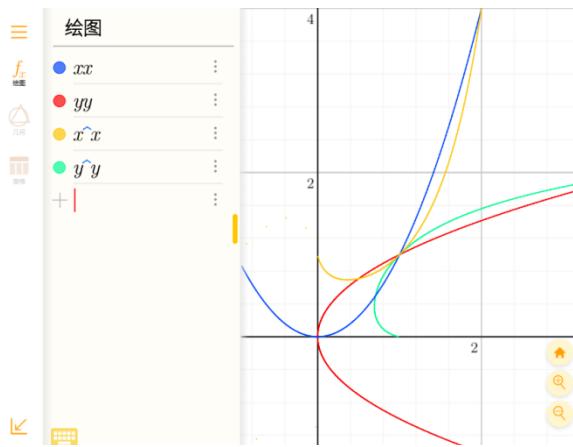
SGC 支持绘制的对象前面已经提到过。SGC 同样也支持 x 关于 y 的函数, 输入 $x=f(y)$ 或者仅包含 y 的表达式即可。参数方程、极坐标若出现杂乱线条, 将精度调到更高即可。

(测试内容参见附录 11.1)

隐函数推荐绘图精度 360, 并推荐使用 TurboWarp 或者 html 端。



输入的函数会自动判断断点。(参见设置 10.2)

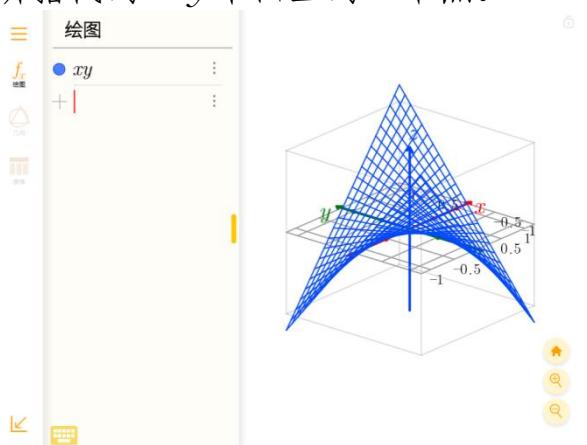


可见函数 $y=x^x$ 和 $x=y^y$, 函数 $y=x^2$ 和 $x=y^2$ 关于 $y=x$ 对称。

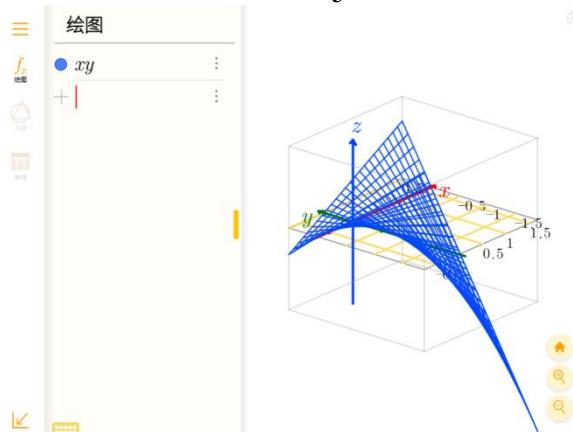
请注意: SGC 使用 marching squares 算法, 因此如 $(x-y)(x+y)^2=0$ 这样包含切面为 $z=0$ 的隐函数可能无法绘制.

4.2 3D 绘制

3D 绘制支持绘制二元显函数和 3D 方程、不等式以及 3D 参数方程。3D 坐标系 z 轴是固定的, x 轴和 y 轴可以转动。拖动 3D 网格时, 网格会高亮。这代表正在平移 x - y 平面。使用鼠标滚轮进行缩放时, 缩放中心是鼠标所指代的 x - y 平面上的一个点。



如图，这是默认 x - y 平面位置。



正在拖动 x - y 平面，网格被高亮。

(测试内容参见附录 11.1)

5 计算引擎

SGC 采用最新计算引擎 v4，支持下列几种对象：

数(number)	1
不区分 float 与 int	-2.5 0.3333333333333333
字符串(String)	"hello SGC!" "0.3333333333333333" "SQY!+-*/"
布尔值(Boolean)	true false

5.1 技术参数

对于三角函数，参数范围： $-10^{10} < x < 10^{10}$. 对于其他函数，保留 15 位有效数字。

实数最大为 $1.79769313486231e+308$ 即 2^{1024} ，最小为 $1e-323$. 系统常数采用 15 位小数。

幂的计算：对于 a^b

若 $a>0$ ，返回 $e^{(\ln(a))^*b}$

若 $a<0$ ，试着将 b 化为分数：如果 b 的小数位数不足 7 位，认为 b 是一个有理数。如果 b 化为分数 x/y 后， x 或者 y 一者大于 10^8 ，认为 b 不是一个有理数。如果 b 是有理数，那么进行幂的运算。

这样，SGC 能判断一些幂是否有意义：

$(-1)^{0.333}$	⋮
$\rightarrow ?$	⋮
$(-1)^{0.3333333333333333}$	⋮
$\rightarrow -1$	⋮
$(-1)^{(1/3)}$	⋮
$\rightarrow -1$	⋮
$(-1)^{(-0.1145)}$	⋮
$\rightarrow ?$	⋮
$(-1)^{(-0.114514)}$	⋮
$\rightarrow ?$	⋮
$(-1)^{(-0.1145141)}$	⋮
$\rightarrow ?$	⋮
$(-1)^{(-0.1145141919810)}$	⋮
$\rightarrow ?$	⋮
$(-1)^{(\sin 1)}$	⋮
$\rightarrow ?$	⋮
$(-2^{13})^{0.076923076923076923}$	⋮
$\rightarrow -2$	⋮

另外，认为 $0^0=1$:

0^0	⋮
$\rightarrow 1$	⋮

5.2 计算

在计算中，任何 NaN 去运算都得到 NaN。任何数除以 0 都得 NaN。

使用 & 去连接文本，如果 a&b 中任何一者不是数，那么会强行将这一者转换为一个字符串。

例如：有一个变量 $a=1$ ，另一个变量 $b=2$ 。

输入表达式 $a\&b$ 得到结果”12”。

输入表达式” $a="&a\&"$, $b="&b$ ，得到结果” $a=1,b=2$ ”。

$a=1$	⋮
	⋮
$b=2$	⋮
	⋮
$a\&b$	⋮
$\rightarrow 12$	⋮
$"a="&a\&"$, $b="&b$	⋮
$\rightarrow a=1,b=2$	⋮

5.3 运算符与函数

SGC 支持的运算符如下：

数学运算: +,-,*,/,(阶乘)

字符串: &(字符串拼接. 如”aa”&”bb”=“aabbb”, ”a”&l=“a1”)

逻辑运算: <, >, =, <=, >=, ==

下表列举了 SGC 目前支持的函数。函数的输入不一定需要打括号,但是使用虚拟键盘输入的函数,都会带上括号。

函数表

(由于 scratch 不分大小写,这些函数也不需要区分大小写)

函数名	解释	注释
sin,cos,tan,csc,sec,cot	三角函数	弧度
asin,acos,atan acsc,asec,acot	反三角函数	弧度, arcsin 之类的也可以识别
sinh,cosh,tanh csch,sech,coth	双曲函数	
asinh,acosh,atanh acsch,asech,acoth	反双曲函数	
ln,log	对数函数	$\log(x)=\log_{10}(x)$
alog	反常用对数	$alog(x)=10^x$
abs	绝对值	
floor,ceil	向下/上取整	
round	四舍五入	
sqrt,cbrt	平方根,立方根	
min,max	最小值,最大值	$\min(a,b)$ $\max(a,b)$
if ifelse	如果 如果否则	$\text{if}(x>0,x+1)$ 不满足条件则返回 NaN $\text{ifelse}(x>0,x,1-x)$
case	选择	$\text{case}(u,x,v,y)$ 如果 u 为真, 返回 x 并跳过 v 的计算, 如果 v 为真, 返回 y。但会先计算 u
gamma	伽马函数	
zeta	泽塔函数	
erf,erfc	高斯误差函数	
sgn	符号函数	参数>0 则返回 1,<0 返回 -1, 否则返回 0
lambertW	朗博 W 函数	$f(x)=xe^x$ 的反函数, 返回主分支
expIntegral	指数积分,正	

sinIntegral	弦积分,余弦	
cosIntegral	积分,对数积分	
Li		
beta	beta 函数	beta(x,y)
psi	digamma 函数	
FresnelS	菲涅尔正弦、	
FresnelC	余弦积分	
EllipticK	第一类完全椭圆积分	
EllipticE	第二类完全椭圆积分	
sinc	$\frac{\sin x}{x}$	
SinhIntegral	双曲正弦、余弦积分	
CinhIntegral		
not	非	not($x < 0$)
and	与,或	(a)and(b)
or		(c)or(b)
mod	取模	mod(a,b) 返回 a 除以 b 的余数。余数总是正的。

5.4 高级运算符

SGC v4.4 版本支持了高级运算符. 目前支持 Sum,Prod,Int,Diff.
高级运算支持嵌套。

例如

$$\sum_{y=0}^{100} \sum_{x=0}^{100} 2x+y$$

输入 sum(sum(2x+y,x,0,100),y,0,100)

$$\text{sum}(\text{sum}(2x+y, x, 0, 100), y, 0, 100) \\ \rightarrow 1530150$$

5.4.1 求和

求和的表达式为: $\text{Sum}(f(v), v, \text{min}, \text{max})$ 。这是对变量为 v 的 $f(v)$ 从 min 到 max 求和。这里的变量可以是任意的, min, max 也可以是表达式.

例如: 要计算

$$\sum_{x=1}^{100} \frac{1}{x^{10}}$$

输入 sum($1/x^{10}, x, 1, 100$)。

$$\begin{aligned} &\text{sum}(1/x^{10}, x, 1, 100) \\ &\rightarrow 1.000994575128 \end{aligned}$$

这是 $\zeta(10)$ 的一个很好的近似。

由于

$$\frac{\pi}{93555} = \zeta(10)$$

我们输入

$$\begin{aligned} &(93555 \text{sum}(1/x^{10}, x, 1, 100))^{0.1} \\ &\rightarrow 3.14159265359 \end{aligned}$$

得到圆周率的前几位小数。

5.4.2 求乘积

求积的表达式为：Prod($f(v), v, \min, \max$)。这是对变量为 v 的 $f(v)$ 从 \min 到 \max 求积。

例如：要计算

$$\prod_{y=1}^{10} y$$

输入 prod($y, y, 1, 10$)。

$$\begin{aligned} &\text{prod}(y, y, 1, 10) \\ &\rightarrow 3628800 \end{aligned}$$

这计算 $10! = 3628800$ 。

5.4.3 求积分

SGC 中，积分使用 Gauss-Kronrod 自适应积分。

求积分的表达式为：int($f(v), v, \min, \max$)。这是对变量为 v 的 $f(v)$ 从 \min 到 \max 求积分。

例如：求 $\int_0^3 t^2 dt = 9$.

输入 int($tt, t, 0, 3$)，得到

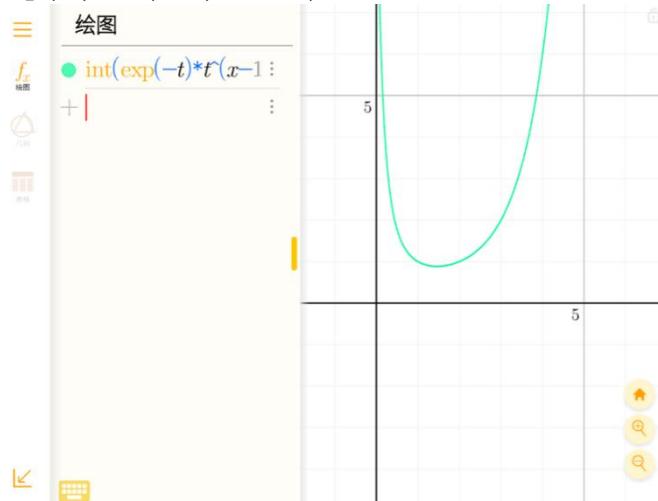
$$\begin{aligned} &\text{int}(tt, t, 0, 3) \\ &\rightarrow 8.999999999878 \end{aligned}$$

这误差是由于内部 tan 计算精度导致的。在 v4.4.3.22 及以上版本中，误差已控制在 $1e-14$ 左右。

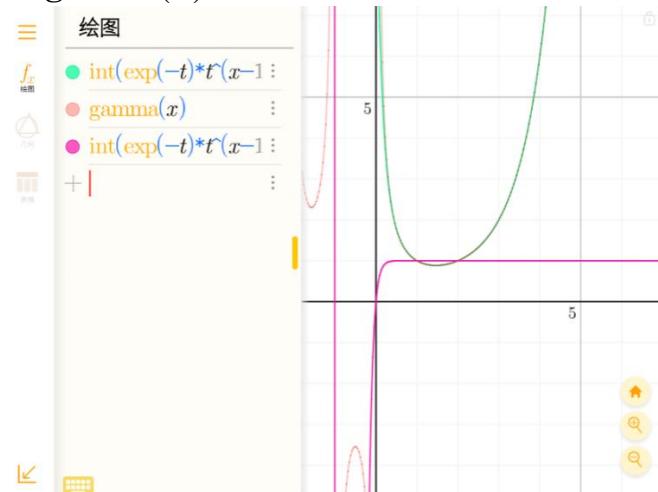
例如：gamma 函数的定义式

$$\text{gamma}(x) = \int_0^{+\infty} e^{-t} t^{x-1} dt$$

由于实际上取不到 $+\infty$, 我们用 99 代替。
输入 $\text{int}(\exp(-t)*t^{(x-1)}, t, 0, 99)$, 得到函数



对比实际的 $\gamma(x)$, 得到



下面的函数是 $y = \frac{\int_0^{99} e^{-t} t^{x-1} dt}{x!}$.

5.4.4 求导

求导的表达式为: $\text{Diff}(f(v), v, v_0)$ 。

这是对变量为 v 的 $f(v)$ 在 $v=v_0$ 处求导。

求导使用中心差分:

$$\text{SGCdiff}(x) = \left. \frac{f(x+\Delta x) - f(x-\Delta x)}{2\Delta x} \right|_{\Delta x=10^{-5}}$$

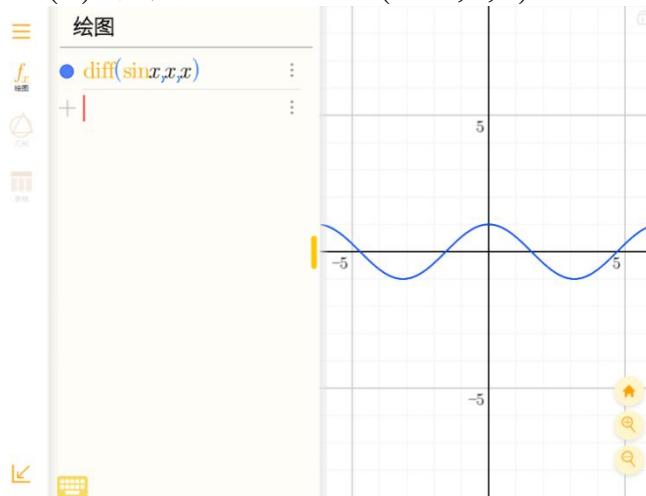
例如: 要计算

$$\left. \frac{\partial}{\partial x} \sin(x) \right|_{x=1}$$

输入 $\text{diff}(x, x, 1)$ 。

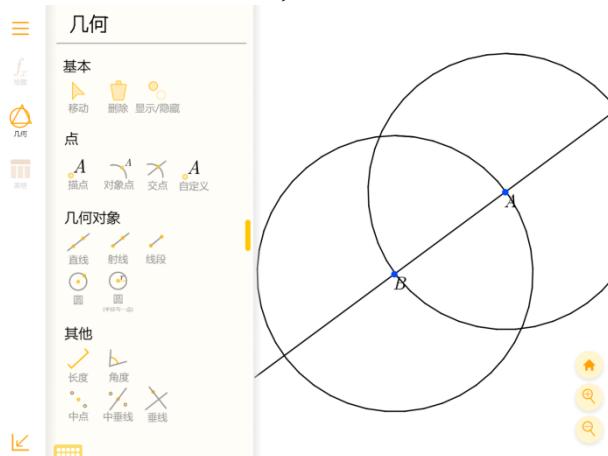
$$\text{diff}(\sin(x),x,1) \\ \rightarrow 0.540300000018$$

若要计算 $\sin(x)$ 的导数，输入 $\text{diff}(\sin x, x, x)$ 。



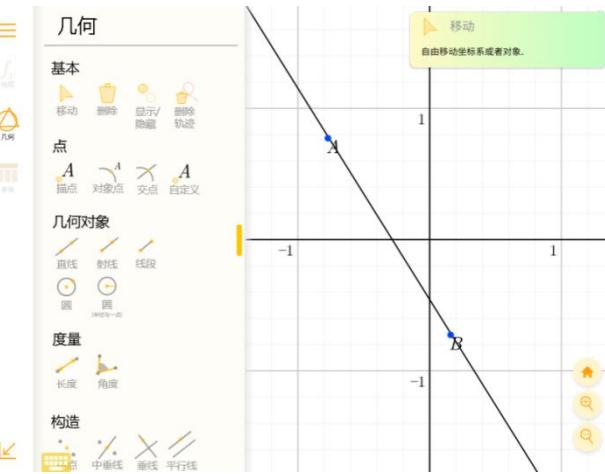
6 几何

SGC 提供了易用的几何功能,可以绘制点、线、圆等对象。

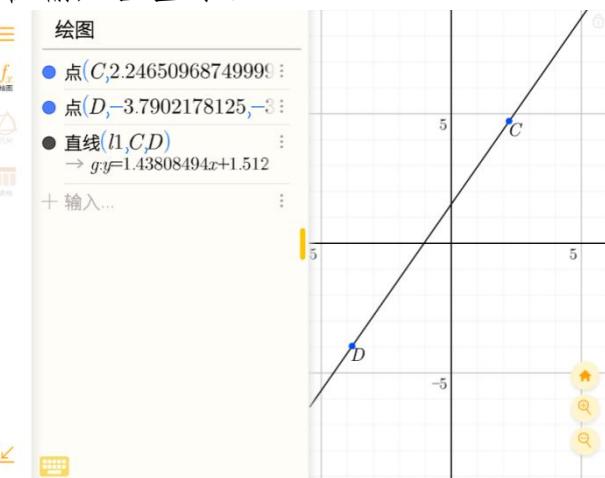


6.1 基本操作

左边模式栏选择几何，出现如图所示的几何页面。使用鼠标拖动可以移动几何功能页面。点击一个几何功能，右侧会弹出提示。您可以根据提示完成操作。



几何内容会在输入区显示。



在几何内容中，直线或者某些点的解析式会显示出来，并且以g:开头。

几何支持的功能如下：

(由于 scratch 不分大小写,这些几何函数也不需要区分大小写)

函数名	解释
点(名称,x,y)	在(x,y)创建点
对象点(名称,所在对象[,因子])	在对象上创建一个点。如果填入了因子，那么对象点的位置由这个因子确定。
交点(对象 1,对象 2,名称 1,名称 2)	确定两个对象的交点。如果有两个，那么两个交点均被创建。不需要的交点请使用?填充。
直线(名称,点 1,点 2)	创建过点 1 和点 2 的线。
射线(名称,点 1,点 2)	
线段(名称,点 1,点 2)	
圆(名称,圆心,圆心外一点)	根据两个点创建一个圆。

圆规(名称,圆心,点 1,点 2)	创建一个圆,但半径为点 1 到点 2 的距离。
距离(变量名,点 1,点 2)	测量点 1 到点 2 的距离并赋值给变量。
角度(变量名,点 1,点 2,点 3)	测量角点 1-点 2-点 3 所成的角,并赋值给变量。
中点(名称, 点 1, 点 2)	创建两点的中点。
中垂线(名称, 点 1, 点 2)	创建过两点的中点的直线,使得该直线上任意一点到这两点的距离均相等。
垂线(名称, 直线 1, 点 1)	过点 1 做直线 1 的垂线。
平行线(名称, 直线 1, 点 1)	过点 1 做直线 1 的平行线。
旋转(旋转中心,旋转对象,名称,旋转角)	将旋转对象绕着旋转中心旋转一定角度
对称(对称对象,对称轴,名称)	将对称对象沿着对称轴做对称
是否垂直(直线 1, 直线 2)	检验两直线是否垂直
是否平行(直线 1, 直线 2)	检验两直线是否平行

7 文本

7.1 普通文本

在坐标系中显示文本,使用以下格式:

text:<text>,x,y,size,type

其中,type 是 0 或者 1,0 表示字号大小和坐标系缩放相关,1 则表示不相关。

例如: 在坐标系(0,0)处,以 1 号字显示文本: “你好 SGC! ”

输入: text:”你好 SGC! ”,0,0,1,0

效果如图:



7.2 TeX

SGC 中有一个 STeX 终端，但是去掉了一些功能。部分遵循 TeX 语法规则，但是所有\关键字尽量用`代替。TeX 文本大小不会随坐标系缩放改变。

关键字表

`frac{a}{b}	分数 a/b
`sqrt{a}	根号下 a
`nroot{u}{x}	u 次根号下 x
`upsc{u}{v}	u 上的 v
`dwsc{u}{v}	u 下的 v
`subsc{a}{b}	上下标 ab
a^{b}	a 的 b 次幂
a_{b}	a 下标 b
`int	积分号
`infty	无穷大符号
`sum	求和符号
`prod	求积符号
`partial	偏导符号
`pi	圆周率
`+空格	空格
`mathrm	正体
`lfloor	左侧 floor
`rfloor	右侧 floor
`lceil	左侧 ceil
`rceil	右侧 ceil

括号如果匹配，会自动变成合适的高度，不需要输入`left, `right。如果要在坐标系中显示 TeX 文本，输入：

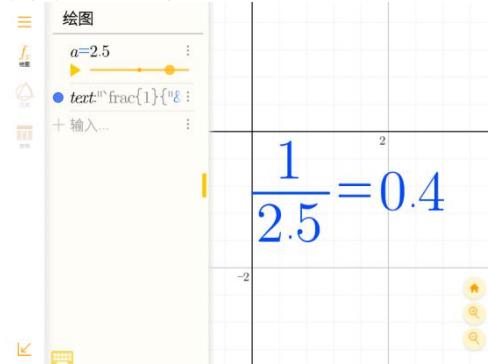
`text:<text>,x,y,size,t`

这将会以 TeX 解析此文本，但是以最终输出结果为准，并解析 TeX 关键字。

比如变量 $a=2.5$ ，在(0,0)处以 0.6 点 TeX 字号显示公式

$$\frac{1}{<\text{变量 } a>} = <1/a \text{ 的值}>$$

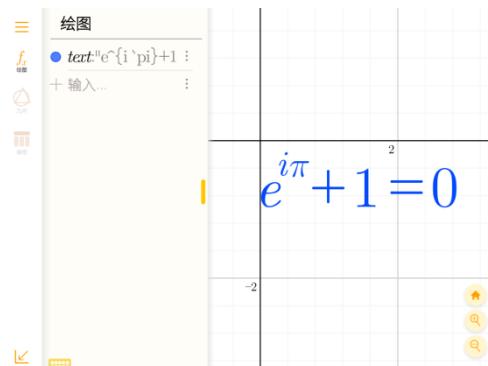
输入: text:”`frac{1}{“`a`}”`=&1/a,0,0,0.6,t



拖动滑动条能看到实时刷新的 TeX 公式。

在(0,0)处以 0.6 点 TeX 字号显示公式

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$



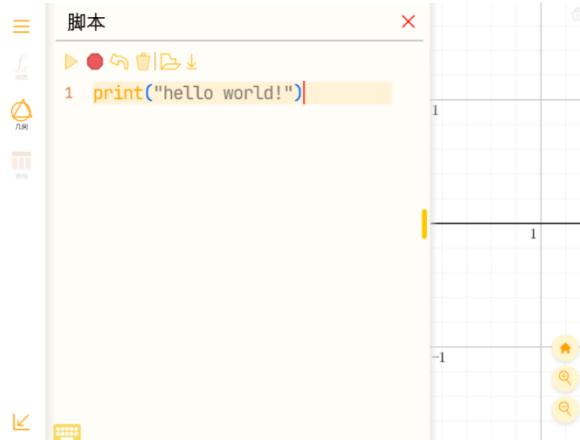
显示	代码	LaTeX
$\int_0^1 \frac{1}{1+x^3} dx = \frac{2\sqrt{3}\pi + \ln 64}{18}$	text:”`int`subsc{`1}{0}`frac{1}{1+x^3}`mathrm{d}x=`frac{2`sqrt{3}`pi+ln`64}{18}`,0,0,0.2,t	\int^1_0 \frac{1}{1+x^3} \mathrm{d}x = \frac{2\sqrt{3}\pi + \ln 64}{18}
$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{l} + b_n \sin \frac{n\pi x}{l} \right)$	text:”`f(x)=a_0+`dwsc{`upsc{`sum`{`infty`}}{`n=1}{`a_n cos`frac{n`pi x}{l}+`b_n sin`frac{n`pi x}{l}}`},0,0,0.2,t	f(x)=a_0+\sum^{\infty}_{n=1}(a_n \cos \frac{n\pi x}{l}+b_n \sin \frac{n\pi x}{l})
x_{26}^{15}	text:”`x`subsc{15}{26}`”,0,0,1,t	x^{15}_{26}
$\frac{\partial x^x}{\partial x} = x^x(1+\ln x)$	text:”`frac{`partial`x^x}{`partial x}`=x^x{x}(1+ln`x)`”,0,0,0.2,t	\frac{\partial x^x}{\partial x} = x^x(1+\ln x)

8 脚本

SGC 搭载简单的 SGC Script 语言。SGC Script 是一个基于栈机的编译语言，能操作 SGC 底层，修改 SGC 设置，做出简单易懂的演示动画。

8.1 脚本编辑器

在高级功能中选择进入编辑器，即可打开脚本编辑器。



(示例 1)

脚本编辑器采用 JetBrains Mono 字体，支持一些连字。例如

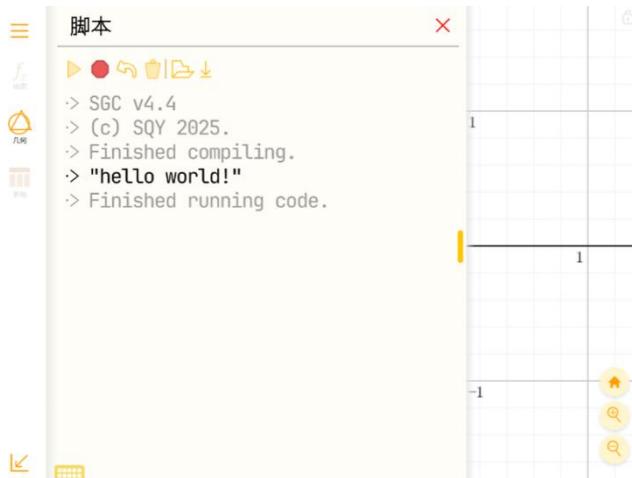
```
1 a=0
2 while a<=100{
3     if a!=15 || a!=26{
4         print(a)
5     }
6 }
```

您可以上下左右移动光标，按键盘或者虚拟键盘插入字符，按下 enter 新建一行。当前光标所在的那一行会以不同颜色标注。



上方为操作区按钮。按下第一个图标运行您的脚本，按下第二个图标强行停止您的脚本。按下第三个图标返回脚本编辑器，按下第四个图标清空脚本。按下第五个图标打开脚本，第六个保存脚本。

例如运行示例 1 代码，显示



在脚本编辑器中，文字会高亮。注释为灰色，其他和函数一样。
SGC Script 关键字为紫色，标记关键字为蓝色。

在控制台中，Infm(Information)类型以灰色显示，Normal 以默认颜色显示，Warning 以橙色显示，Error 以红色显示。

关键字表	
if	如果
else	否则
while	当
print	输出
break	打断
define	定义
list	列表
system	系统
graph	图形

8.2 语法

8.2.1 数据类型与运算符

支持的数据类型为：

数(number)	1
不区分 float 与 int	-2.5 0.3333333333333333
字符串(String)	”hello SGC!” ”0.3333333333333333” ”SQY!+-*/”
布尔值(Boolean)	true false

支持的运算符为：

+,-,*,/,&,<,>,==,<=,>=,!&,&&,||,and,or,not

函数为：

sin, cos, tan, ln, log, sqrt, abs, floor, ceil, round, mod

不区分大小写。

String 类型会有”标记。如 text 不是 string，而”text”是 string.
空格不是关键字。因此下面两句话等价：

```
a=0+114514  
a = 0 + 114514
```

8.2.2 变量与列表

SGC Script 目前只支持全局变量。

可以定义变量：如

```
a=1  
b="text"
```

这之后，a, b 的值可以随意调用。

定义列表：

```
c=[0,1,2,3,4,5]  
d=[]
```

d 是一个空列表。请注意：列表索引从 1 开始。

```
list.replace(c,2,"aaa") //替换列表 c 第二项为"aaa"  
list.insert(c,2,"bbb") //列表 c 第二前插入"bbb"  
list.append(c,114514) //列表 c 末尾添加 114514  
list.delete(c,2) //删除列表 c 第二项  
list.sortb(c) //从小到大排序列表 c  
list.sortl(c) //从大到小排序列表 c
```

```
c=[0,1,2,3,4,5]  
print(getlist(c)) //以字符串形式获得列表 c  
print(combine(c)) //以字符串形式拼接列表 c  
print(item(c,2)) //获取列表 c 的第 2 项  
  
.->"[0,1,2,3,4,5]"  
.->"012345"  
.->1
```

V4.3 之后的版本更新了语法糖，做出如下优化：

```

c=[0,1,2,3,4,5]
c[1]=114514
c.append(1526)      //c 末尾添加 1526
c.delete(2)          //删除列表 c 的第 2 项
print(c.list)        //以字符串形式获得列表 c
print(c[2])          //获取列表 c 的第 2 项
print(c.length)      //获取列表 c 的长度

->“[114514,1,3,4,5,1526]”
->1
->6

```

8.2.3 循环

SGC Script 目前只支持 while 循环。其语法如下：

```

a=0
while a<=100{
    a+=1
}

```

循环支持嵌套。使用 break 能打断当前循环，跳入下一循环。

```

a=0
while a<=100{
    a+=1
    if a==50{
        break
    }
}
print(a)

```

8.2.4 如果

如果语法如下：

```

k=input()
if k==0{
    print("zero")
}

j=input()
if j>0{
    print("greater than zero!")
}else{
    print("less than zero or equal to zero!")
}

```

请注意：if 满足条件为 true 或者条件等于 1 都可以执行。

8.2.5 定义函数

SGC Script 目前不支持定义返回值。函数中定义的变量都是全局变量。函数支持递归。定义函数语法如下：

```
r=0
// y must be a integer.
define fastpow(x,y){
    if y==1{
        r=x
    }else{
        if mod(y,2)==1{
            fastpow(x,(y-1)/2)
            r=r*r*x
        }else{
            fastpow(x,y/2)
            r=r*r
        }
    }
}

fastpow(2,100)
print(r)
```

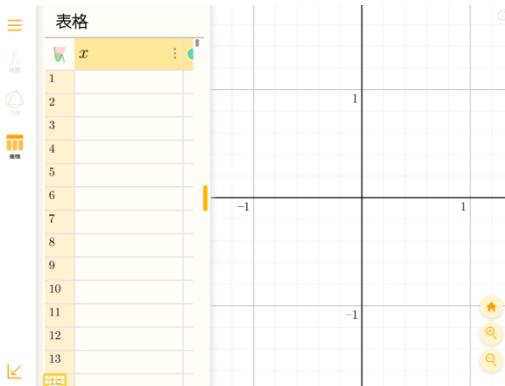
上述代码进行快速幂的计算，使用递归的方法。

9 统计

SGC 支持简易的统计功能。其拥有 16 组双变量统计。

9.1 统计表概述

左边模式栏选择表格，出现如图所示的统计页面。您可以使用鼠标拖动统计表。统计表默认有 3 列。





如果在某一列右侧出现了“+”符号，点击它可以新建一列。

9.2 数据的输入

点击一个单元格即可进行输入。被点击的单元格会高亮显示。

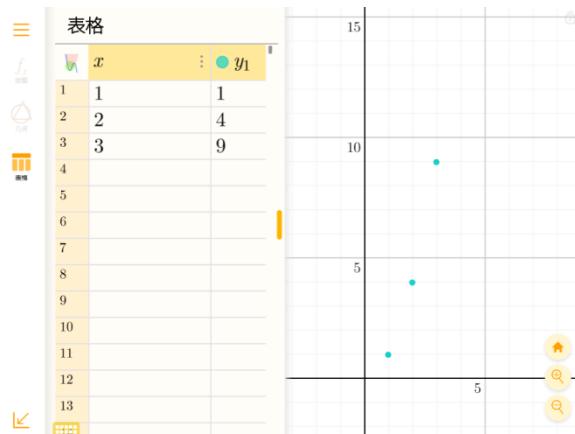
	x	y1
1	111+222	
2		
3		
4		

如果输入包含错误，会出现红色警告图标。

	x	y1	y2
1	111+222+▲		
2	1/▲		
3	1/3		
4			
5			

输入方式与输入函数同理，不再赘述。

9.3 数据的显示



(9.3-1)

在输入数据后，坐标系中会出现数据点。这些点的颜色是这一列左侧小圆片的颜色。

只有 x 、 y 均有定义的点才会显示。有任何一个不完整的，这个点不会显示。



例如去掉了(3,9)的 9，这个点就没有显示。

9.4 列操作

点击每一列旁边的三个小点，会出现小窗口。



点击“统计”进入列统计模式（参见 9.5）。点击“导入”可以导入数据，数据需要以空格间隔。例如某一列为[1,2,3,4,5]，导入输入 1 2 3 4 5 即可。点击“清除列数据”清除这一列的数据。在点击 y_n 列的时候才会显示“回归”功能。点击“回归”启动 y_n 列的回归计算。点击“样式”可以修改数据的显示颜色。

9.5 列统计计算

在点击“统计”后，会对这一列进行统计。出现如图(9.5-1)所示页面。这统计具有如下功能：求 $\sum x$, $\sum x^2$, \bar{x} , 方差, 标准差, Min, Max, Mid(中位数)。如果统计数据有误（例如空列表），会给出如图(9.5-2)提示。

(9.5-1)

(9.5-2)

9.6 列回归计算

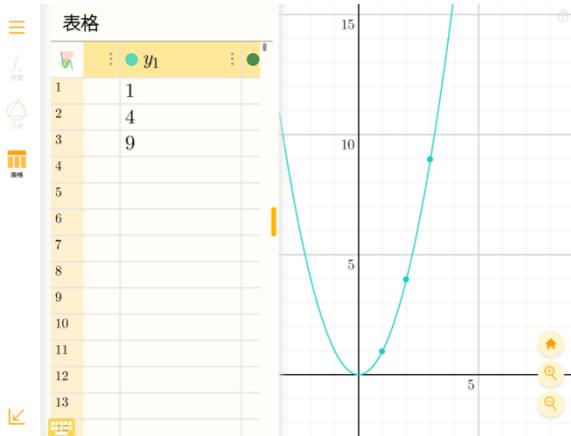
在点击“回归”后，会对这一列和 x 列进行回归计算，出现如图(9.6-1)所示页面。这界面会显示回归的参数，包括回归系数和可决系数。您可以自己选择回归模型。默认是线性回归，支持线性、二次、指数($a e^{bx}$)、对数回归($a + b \ln x$)。点击“回归模型”一栏就可以进行选择。如对(9.3-1)中的列进行二次回归计算，如图(9.6-2)。



(9.6-1)

(9.6-2)

回归计算页面下方有一“绘制”按钮。点击即可将回归结果绘入坐标系。



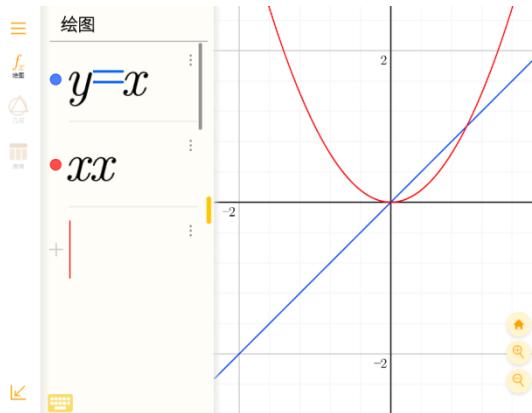
10 设置

打开系统设置后，设置分为三个板块。

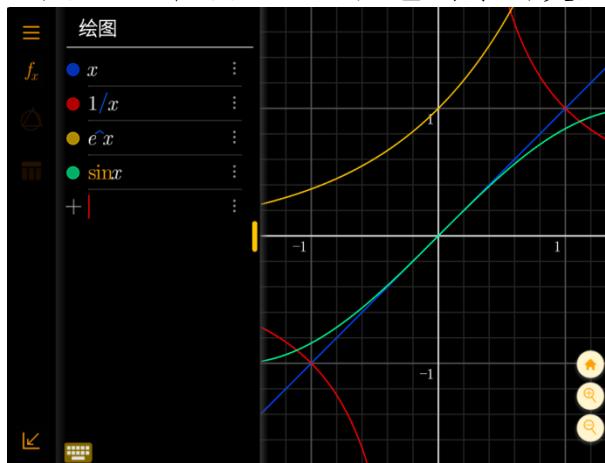
10.1 全局

如图(10-1)。全局里包含一些基本设置。

点击字体大小后面的数字可以修改字体大小，最大是 36 点字体。
高亮显示前面已经提到过。



修改缩放速度后，鼠标滚轮的滚动与画布放大缩小按钮的效果将会改变。主题下可以打开夜间模式。打开后，软件以黑色为主题，但是您的输入颜色不会取反。在输入区，黑色的字会变成白色的字。



修改坐标系参数后，右边的图形也会刷新。网格样式点击右侧文本即可修改。

设置 json 可以保存当前 SGC 的全部设置，以及坐标系的位置和缩放因子。点击保存会弹出保存列表，复制方法不再赘述。

SGC json 遵循标准 json 格式，规范如下：

```
{
  "SGCjson": "v0.1", "fontsize" : 18,
  "highlight" : 1, "sfspeed" : 0.5,
  "mode" : 1, "axis" : 1, "NumOfAxis" : 1, "grid" : 1,
  "FPS" : 0, "Temp" : 0, "MousePos" : 0, "loadIcon" : 1,
  "SpecialPoints" : 0, "dtrecalc" : 0, "InputNum" : 0,
  "pqmin" : 0, "pqmax" : 6.283185307179586,
  "pqprec" : 400, "pqminexp" : 0, "pqmaxexp" : "2π",
  "polmin" : 0, "polmax" : 6.283185307179586,
  "polprec" : 400, "polminexp" : 0, "polmaxexp" : "2π",
  "dx" : 0, "dy" : 0, "sf" : 0
}
```

10.2 绘图

如图(10-2)。绘图里包含一些关于图形的设置。

点击断点判断的开关可以关闭或者打开断点判断。由于 SGC 采用描点法作图，因此断点判断对图像质量有很大影响。目前 SGC 能判断显函数的跳跃间断点、无穷间断点和可去间断点。隐函数同样支持断点判断。

函数精度默认为 480，这表示在 480 个单位中以步长 $480/480=1$ 采集数据点，并连成平滑的线显示在坐标系中。点击后面的数字即可修改函数精度，最大 900000。精度越高，描的点越多，计算就越慢，但图像更精确。隐式精度为 80，实际是计算横 80 单位、竖 $80*0.75=60$ 个单位、共 $80*60=4800$ 个点。由于使用区块加载，区块大小为 120*120，所以隐式精度必须是 4 的倍数。推荐的精度为 240 至 360，使用 1440 为精度基本上所有图像画的都比 desmos 清楚，但这可能会造成计算缓慢。

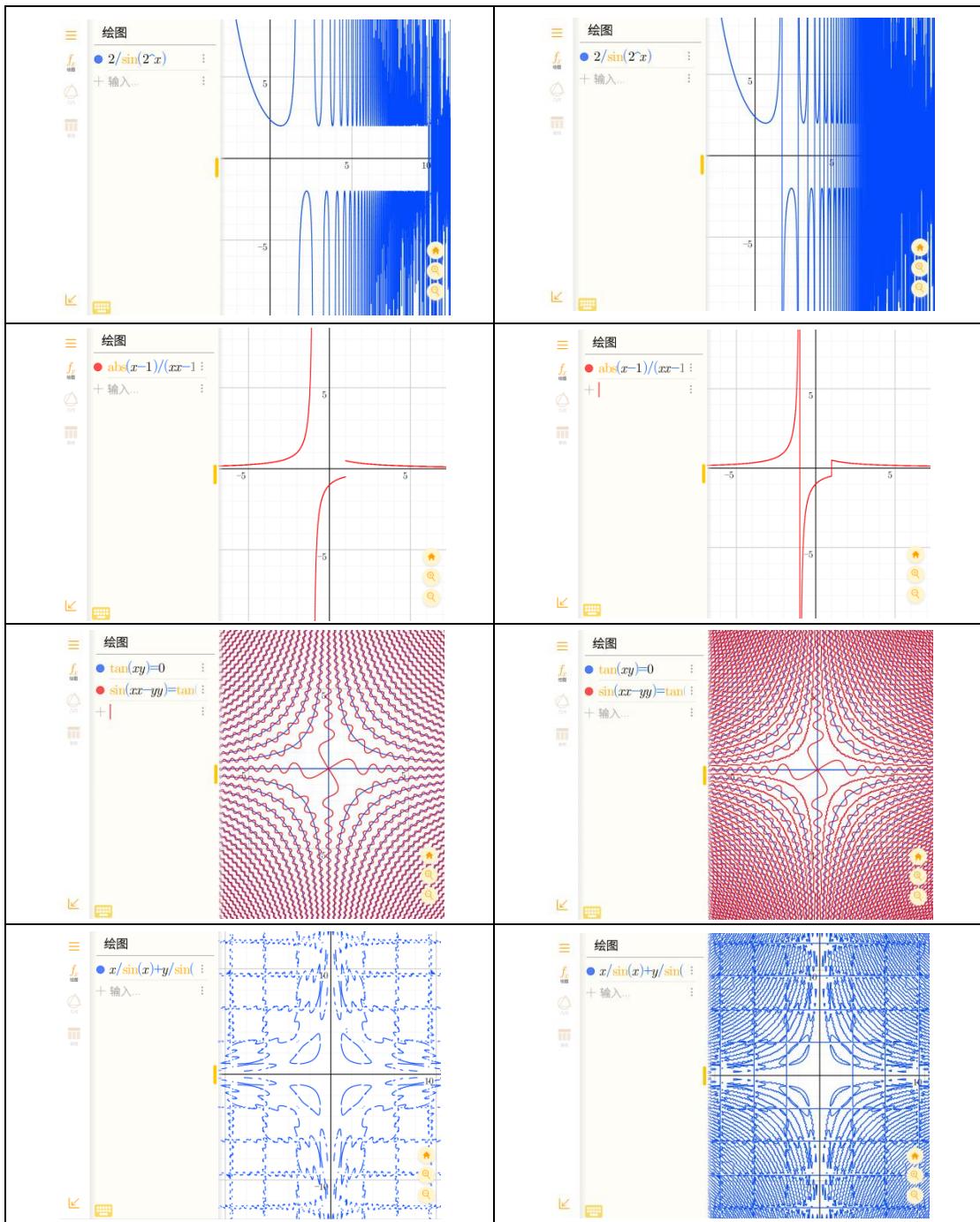
参数方程和极坐标的设置方法同上。输入框使用参见 4.4.



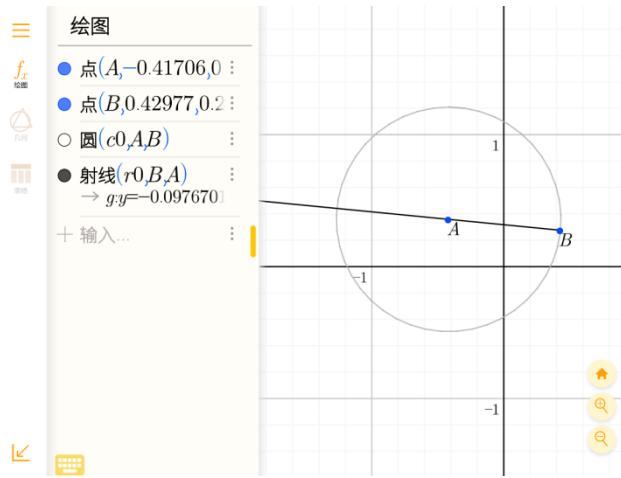
如果打开吸附到网格，那么几何中的点如果距离附近某个网格小于 4，将会吸附到最近的网格，同样可以吸附到格点。

下表列出了断点判断对图像质量的影响。

有断点判断	无断点判断



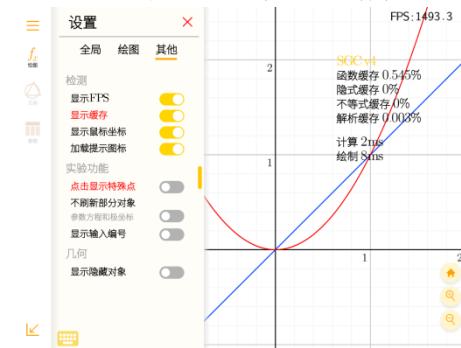
几何-显示隐藏对象打开后，原本隐藏的看不见的对象会以灰色展示，但是不能被点击到。您可以点击输入区左侧圆形再次显示该对象。



10.3 其他

如图(10-3)。其他里包含一些其他设置和实验性设置。

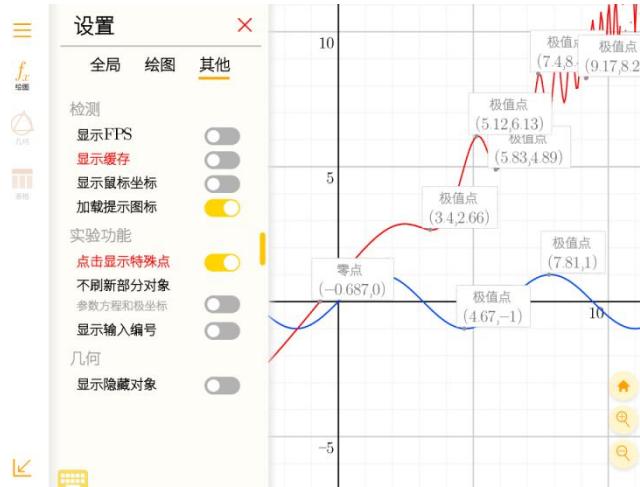
打开检测的所有功能后，默认效果如图所示。



其中，鼠标位置会出现一个十字，这可以指示鼠标的位置。

提示图标是一个小沙漏，显示在右上角，如果出现了这个图标，表明正在计算。刷新全局存档时，最上方会出现黄色进度条。

点击显示特殊点可以在平面模式下，点击函数的极值点或者零点，就能显示其具体位置。但是，极值点建议在函数精度>4800 时使用。

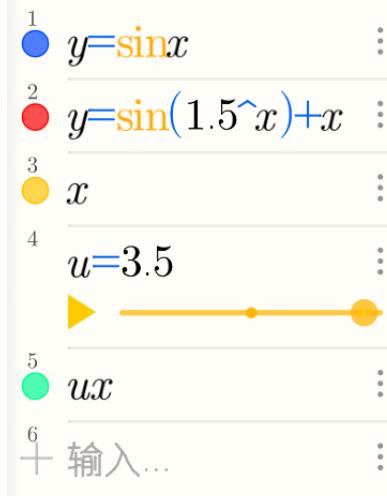


每次点击输入区，显示的特殊点都会被清除。

不刷新部分对象打开后，除非进行了强制刷新全局存档，这些对

象将不会在计算时被计算。这样可以提升图表计算速度，但可能导致图像错误。在参数方程包含正在实时调整的变量时，请不要开启此选项。

打开输入编号后，输入栏每一栏都会在左侧显示输入编号。



(10-1)



(10-2)

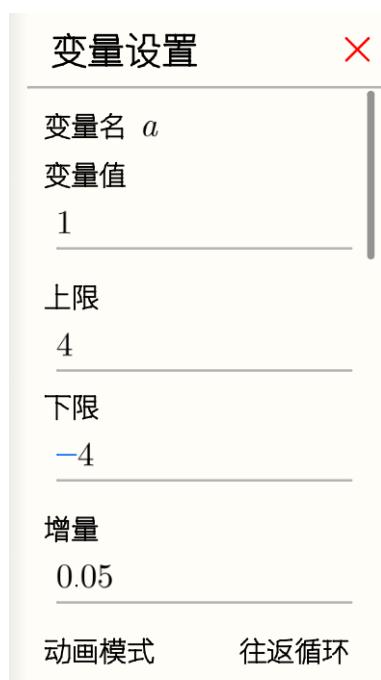


(10-3)

(10) 设置页面

10.4 变量设置

点击输入区您想修改的变量右边的三个点，选择设置。



之后进入了变量设置页面。

变量设置页面包含变量名、值等内容。灰色横线以及上面的文字称为文本框单元，如果下面的横线变成了黄色，说明当前正在修改这里的内容，文本框操作方法和输入函数一样。

点击变量值下文本框单元即可修改变量值。点击 enter 或者空白处和其他输入框，当前输入会自动保存并计算。请注意：如果变量值超出了变量范围，那么会将超出的那个范围替换为变量值的表达式。

点击上限或者下限下文本框单元即可修改范围。请注意：如果范围超出变量值，会将变量值替换为正在修改的范围表达式。比如变量值为 1，却把范围修改成了 -1，这会导致变量值变成 -1. 如果上限比下限还小或者下限比上限还大，那么上下限会交换位置。

修改变量增量后，变量会从当前值开始，依次增加增量，直到大于上限。动画模式有“往返循环”：变量值从最小增加到最大，又从最大增加到最小，这样重复直到变量停止播放；“单向循环”：变量值从最小增加到最大，又返回最小，再增加到最大，这样重复直到变量停止播放；“单增一次”：从当前值增加到最大，并停止播放。新建的变量默认是往返循环。常值变量不支持动画。

11 附录

11.1 示例表达式

二维：

$\sin(xx+yy)=0$	画出若干个同心圆
$(x>0)(\sin(x))+x(x<0)$	两个函数分段拼接
$x=\cos(\sin(t))\cos(t), y=\cos(\sin(t))\sin(t)$	神奇曲线
$x^{(2/3)}+0.9\sqrt{3.3-xx}\sin(3ax)$	爱心函数
$y=ax^2+bx+c$	二次函数
$\sin(xx-yy)=\sin(2xy)$	
$\sin(x\sin(y)+y\sin(x))<0,$	有趣的隐函数

3D：

$\sin(x)\cos(y)+\sin(y)\cos(z)+\sin(z)\cos(x)=0$	爆米花
$xyz=1$	高级反比例
$xx+yy+zz=1$	半径为 1 的球
$xx+yy+zz-4xyz=0$	有连接的四个曲面