

1. 利用 ROOT 生成数量为 N 的随机数，服从均值为 50，标准差为 10 的高斯分布，并拟合，比较不同 N 、不同 bin 大小对拟合结果的影响。

```

GNU nano 8.7.1      GaussFitCompare.C
~/Downloads
void GaussFitCompare()
{
    const Double_t mu    = 50.0;
    const Double_t sigma = 10.0;
    const Int_t  N1     = 100;
    const Int_t  N2     = 1000;
    const Int_t  N3     = 10000;
    const Double_t binW1 = 2.0;
    const Double_t binW2 = 5.0;
    const Double_t binW3 = 10.0;

    TCanvas *c1 = new TCanvas("c1","Gauss Fit Compare",1200,800);
    c1->Divide(3,3);

    TF1 *fGaus = new TF1("fGaus","gaus",20,80);

    Int_t idx = 1;
    vector<Int_t> Nlist = {N1, N2, N3};
    vector<Double_t> binWlist = {binW1, binW2, binW3};

    for(auto N : Nlist)
    {
        for(auto binW : binWlist)
        {
            c1->cd(idx);
            idx++;

            Double_t xmin = mu - 3*sigma;
            Double_t xmax = mu + 3*sigma;
            Int_t nBin = (xmax - xmin) / binW;

```

```

GNU nano 8.7.1      GaussFitCompare.C
~/Downloads
Double_t xmin = mu - 3*sigma;
Double_t xmax = mu + 3*sigma;
Int_t nBin = (xmax - xmin) / binW;

TH1D *h = new TH1D(Form("h_N%d_binW%.1f",N,binW),
    Form("N=%d, binW=%.1f",N,binW),
    nBin, xmin, xmax);

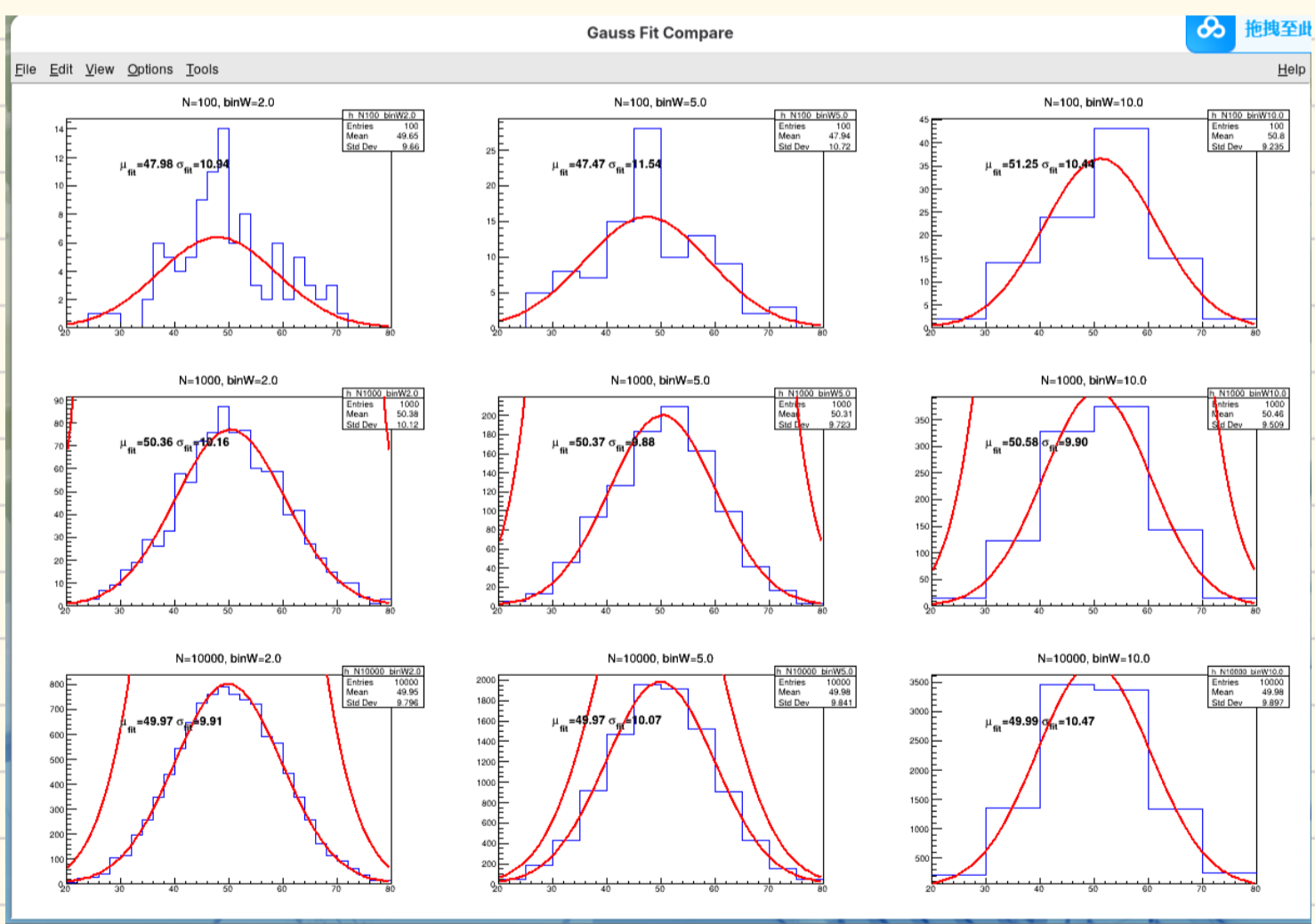
for(Int_t i=0; i<N; i++)
{
    Double_t rnd = gRandom->Gaus(mu, sigma);
    h->Fill(rnd);
}

h->Fit(fGaus,"RQ");

h->SetLineColor(kBlue);
h->Draw();
fGaus->SetLineColor(kRed);
fGaus->Draw("same");

Double_t fitMu = fGaus->GetParameter(1);
Double_t fitSigma = fGaus->GetParameter(2);
TLatex *tex = new TLatex(30, h->GetMaximum()*0.8,
    Form("#mu_{fit}=%.2f #sigma_{fit}=%.2f",fitMu,fitSig);
tex->Draw();
}
}

```



结果分析：① 样本量 N 的影响 (固定 bin 宽度)

<1> 小 N ：样本少，统计涨落极大，直方图凹凸明显，拟合得到的均值、标准差和理论值偏差大，拟合可信度低。

<2> 大 N ：直方图平滑，几乎无随机起伏，拟合均值、标准差高度接近理论值，拟合效果好。

因此，样本量 N 越大，统计误差越小，拟合精度越高。

② bin密度的影响 | 固定样本量 N

↳ bin宽度过小: 每个箱子内落入的随机数很少, 噪声严重, 直方图零散, 拟合曲线受噪声干扰.

↳ bin宽度适中: 兼顾形态与统计量, 直方图轮廓清晰, 拟合效果最佳.

↳ bin宽度过大: 相邻数据被合并, 丢失分布细节, 直方图变为粗大柱状, 无法还原标准高斯形态, 拟合偏差增大.

因此须根据样本量选择合适分箱.

最好选择大样本量和适中分箱进行高斯拟合.

2. 简述插值和拟合的区别, 试各举一例应用以及常见的插值和拟合的原理, 如何评估拟合质量的优劣?

1) 区别: 插值曲线通过所有已知点
拟合曲线不一定通过所有已知点, 而是寻找能最好地描述数据整体趋势的函数

2) 应用举例: ① 插值: 气象站每隔一小时记录一次温度, 要估算两个时刻之间的温度, 就可以用线性或样条插值精确连接这些记录点
取平均值 找局部函数值, 导数值相符的函数模型.

② 拟合: 测量弹簧伸长量与拉力的关系, 根据点大致在一条直线上但有误差, 用最小二乘法拟合成不过每一点的直线, 从而求出劲度系数.

3) 常见原理: ① 插值: 线性插值、多项式插值 (如拉格朗日插值)、三次样条插值等, 核心是通过构建特定多项式或分段函数, 使其在节点处数值与已知点相同.

② 拟合: 最常用的是最小二乘法, 通过最小化所有数据点与拟合曲线之差的平方和来求出最佳参数, 常用于多项式拟合, 高斯拟合等.

4) 评估拟合质量优劣: ① 残差/残差平方和: 好的拟合残差应随机分布在零附近, 无明显趋势

② R^2 : 反映拟合能解释的数据变异性比例, 越接近1越好.

③ χ^2/ndf : 考虑数据误差的拟合优度指标, 如果远大于1可能模型不对或误差偏小, 远小于1可能误差估大或过拟合.

3. 简述目前已知的的基本粒子, 简述粒子的分类, 各类粒子的共同属性, 并举出各类粒子中至少三种实例.

目前已知的的基本粒子有夸克、轻子、规范玻色子和希格斯玻色子
夸克 (费米子): 有上 (u), 下 (d), 粲 (c), 奇 (s), 顶 (t), 底 (b) 共6种 "口味".

共同属性: 自旋为 $\frac{1}{2}$, 带分数电荷 ($+\frac{2}{3}$ 或 $-\frac{1}{3}$), 参与强相互作用, 带有色荷, 被禁闭在强子内部.

实例: 上夸克, 下夸克, 奇夸克

② 轻子 (费米子): 包括电子 (e), μ 子, τ 子及对应的三种中微子.

共同属性：自旋 $\frac{1}{2}$ ，不参与强相互作用，不带色荷，电荷为整数（-1或0）

实例：电子，电子中微子， μ 子。

③ 规范玻色子（规范玻色子）：传递基本相互作用。包括光子、胶子、 W^+ 、 W^- 、

共同属性：自旋为1。光子传递电磁力，胶子传递相互作用， W^+ 、 W^- 、 Z^0 传递弱相互作用。

实例：光子，胶子， W^+ 、 W^- 、 Z^0 规范玻色子。

④ 希格斯玻色子：（仅一种）

属性：自旋为0，通过希格斯场使 W 、 Z 及费米子获得质量。

4. 为什么径迹探测器主要通过电磁相互作用力测量粒子信息？

① 长程且截面大：电磁力是长程力，带电粒子在介质中能同大量原子中的电子发生电磁散射，产生可观的电离能量损失，足以形成连续的径迹信号

② 过程温和可测：粒子主要通过电离或激发损失能量，每次作用丢失的能量很小，既能留下清晰痕迹，又不会严重改变粒子本身的动量方向，适合精确重建径迹。

③ 其他力不适用：强作用力虽强但力程极短，且容易把粒子吸收或打散，无法得到连续平滑径迹；弱力和引力作用概率太低，无法产生足够密的测量点。所以，只有电磁相互作用能满足径迹探测既“灵敏”又“不破坏”粒子的要求。