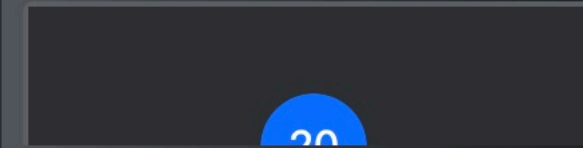
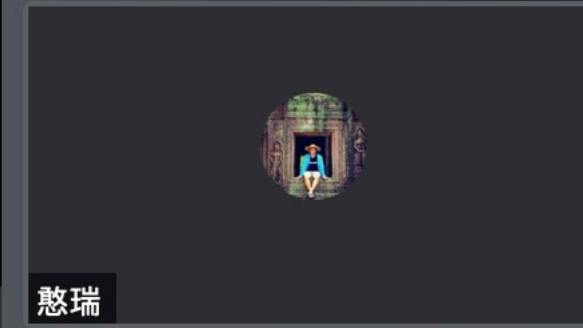
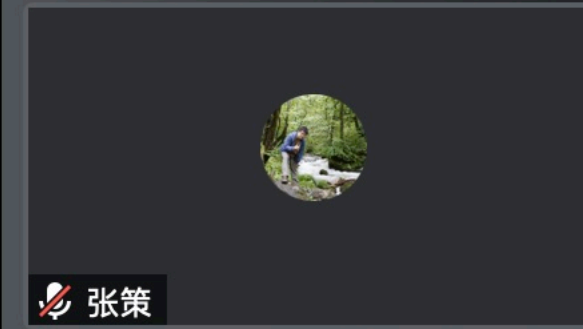


基于CSNS的缪子源设计

鲍煜

2021年12月9日

东莞·散裂用户会



聊天

现在我们有成熟的束流望远镜吗?

高能质子束实验终端...

谢谢, 已转发

正在讲话: 鲍煜;

高能质子束实验终端...

现在是讨论阶段, 可以直接打开摄像头讨论

liqiang

有没有可能通过改变引出片的时间相位引出低能的质子?

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

Yong Liu 刘勇-高能所

敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

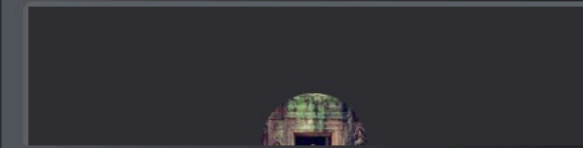
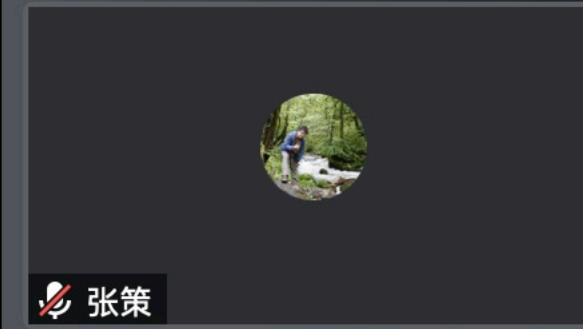
请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

发送至 所有人

说点什么...

Outlines

- 国际缪子源简介
 - ISIS
 - JPARC
- CSNS缪子源设计
 - 方案总体设计及应用方向
 - 靶站设计
 - 缪子束线设计
 - 谱仪设计
- CSNS缪子源建设意义与未来规划



聊天

现在我们有成熟的束流望远镜吗?

高能质子束实验终端...

正在讲话: 鲍煜;

谢谢, 已转发

高能质子束实验终端...

现在是讨论阶段, 可以直接打开摄像头讨论

liqiang

有没有可能通过改变引出片的时间相位引出低能的质子?

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

Yong Liu 刘勇-高能所

敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

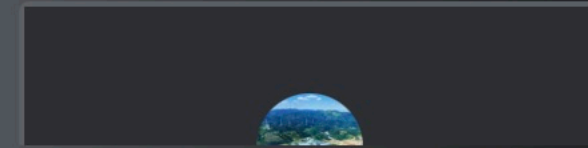
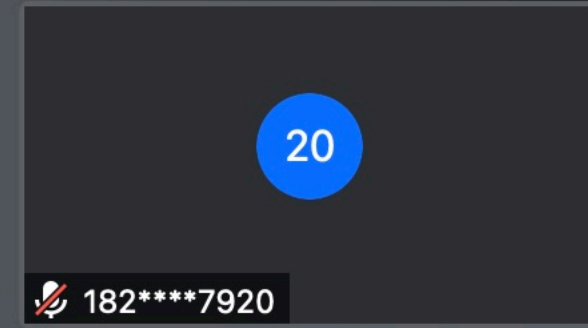
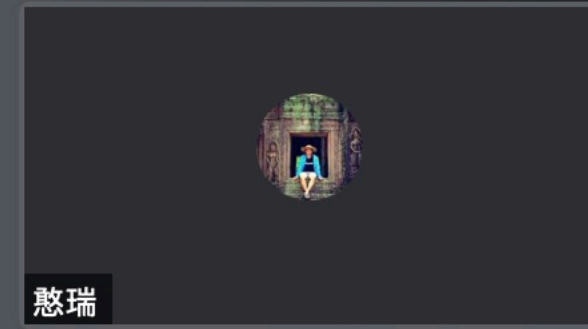
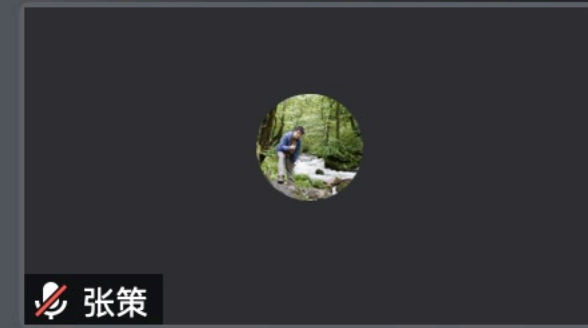
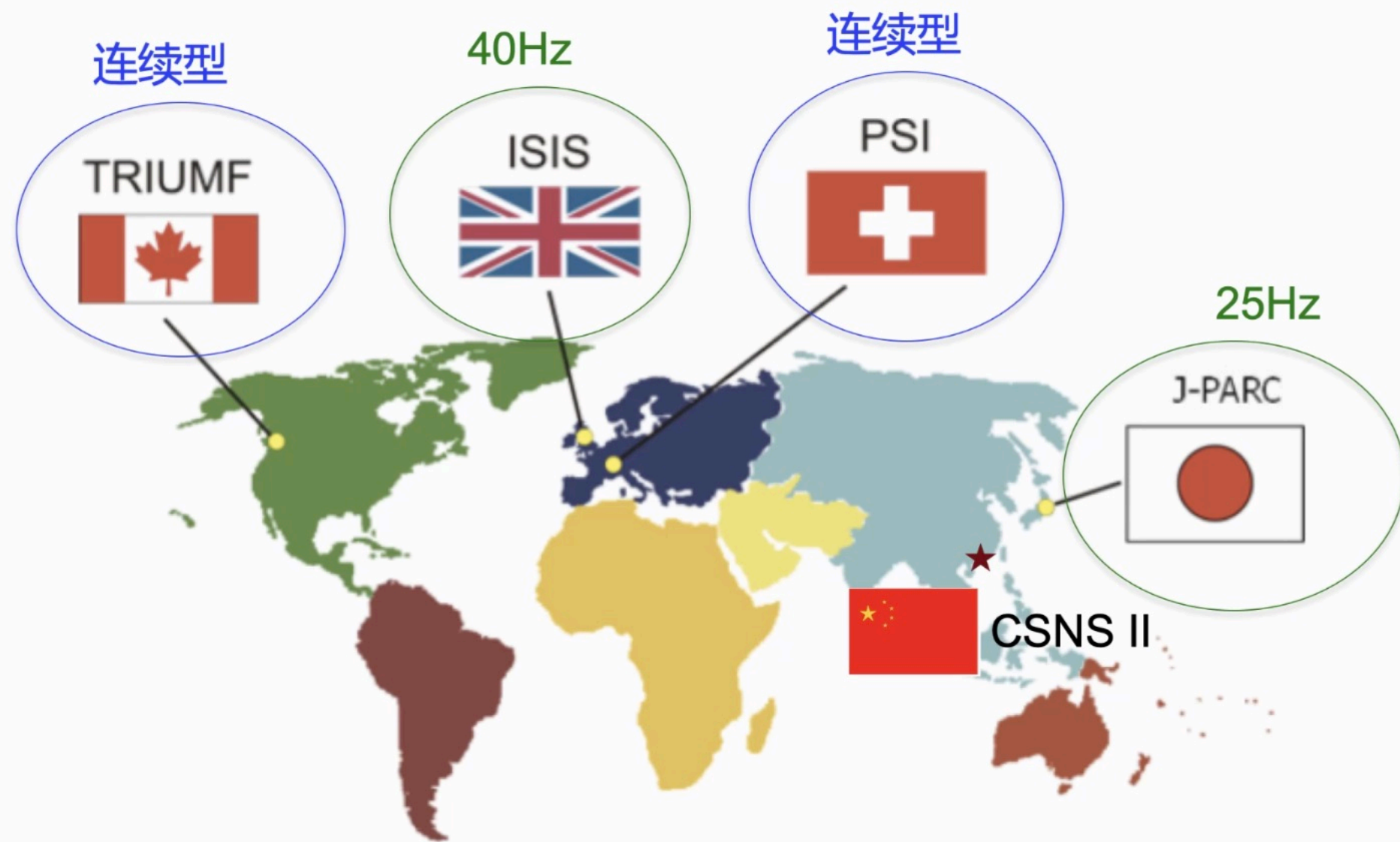
缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

发送至 所有人

说点什么...

国际缪子源



现在我们有成熟的束流望远镜吗?

高能质子束实验终端...

谢谢, 已转发

正在讲话: 鲍煜;

高能质子束实验终端...

现在是讨论阶段, 可以直接打开摄像头讨论

liqiang

有没有可能通过改变引出片的时间相位引出低能的质子?

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

Yong Liu 刘勇-高能所

敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

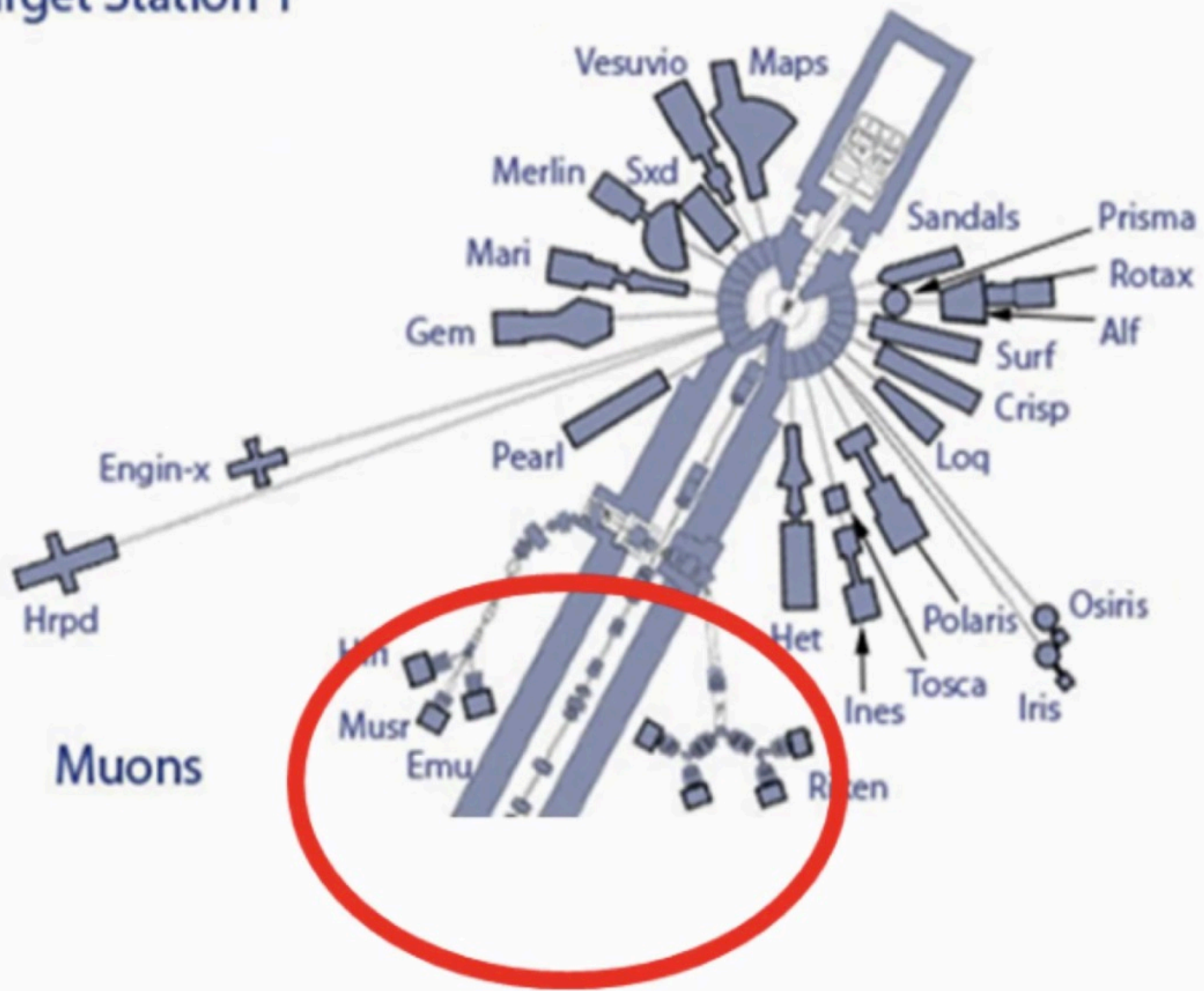
发送至 所有人

说点什么...

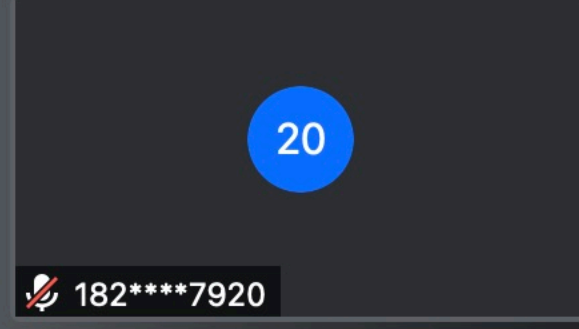
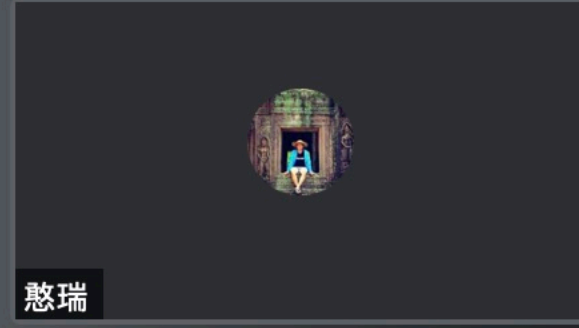
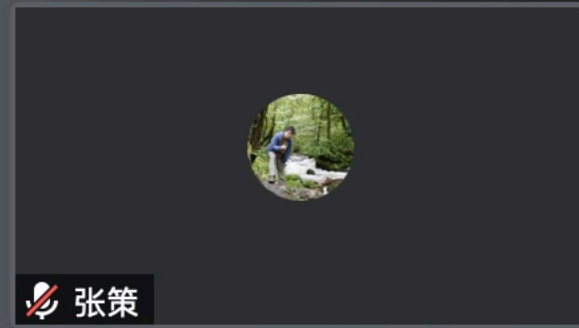
ISIS缪子源

- 质子800MeV、160kW
- 采用10mm碳靶
- 两条束线
- 共7个端口
- 科学目标：
 - muSR应用
 - 缪子技术研发
 - 缪子照相、分析、催化聚变

Target Station 1



建成三十余年，运行稳定，缪子靶5-6年维护一次



聊天

liqiang

有没有可能通能的质子?

正在讲话: 鲍煜;

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

Yong Liu 刘勇-高能所

敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

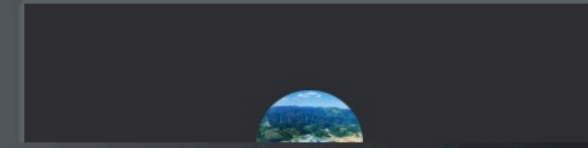
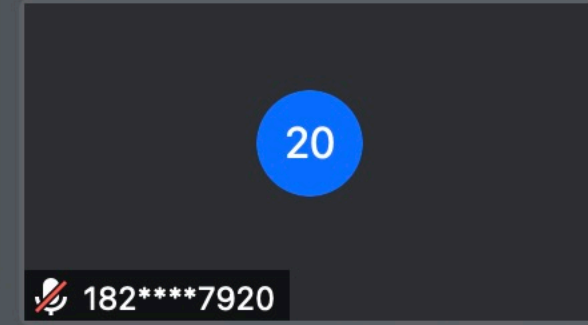
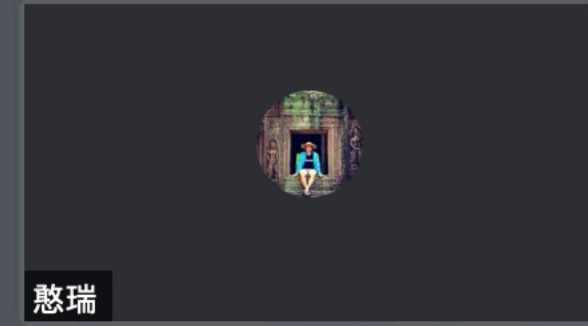
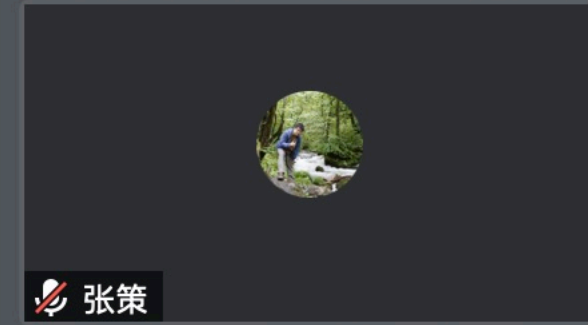
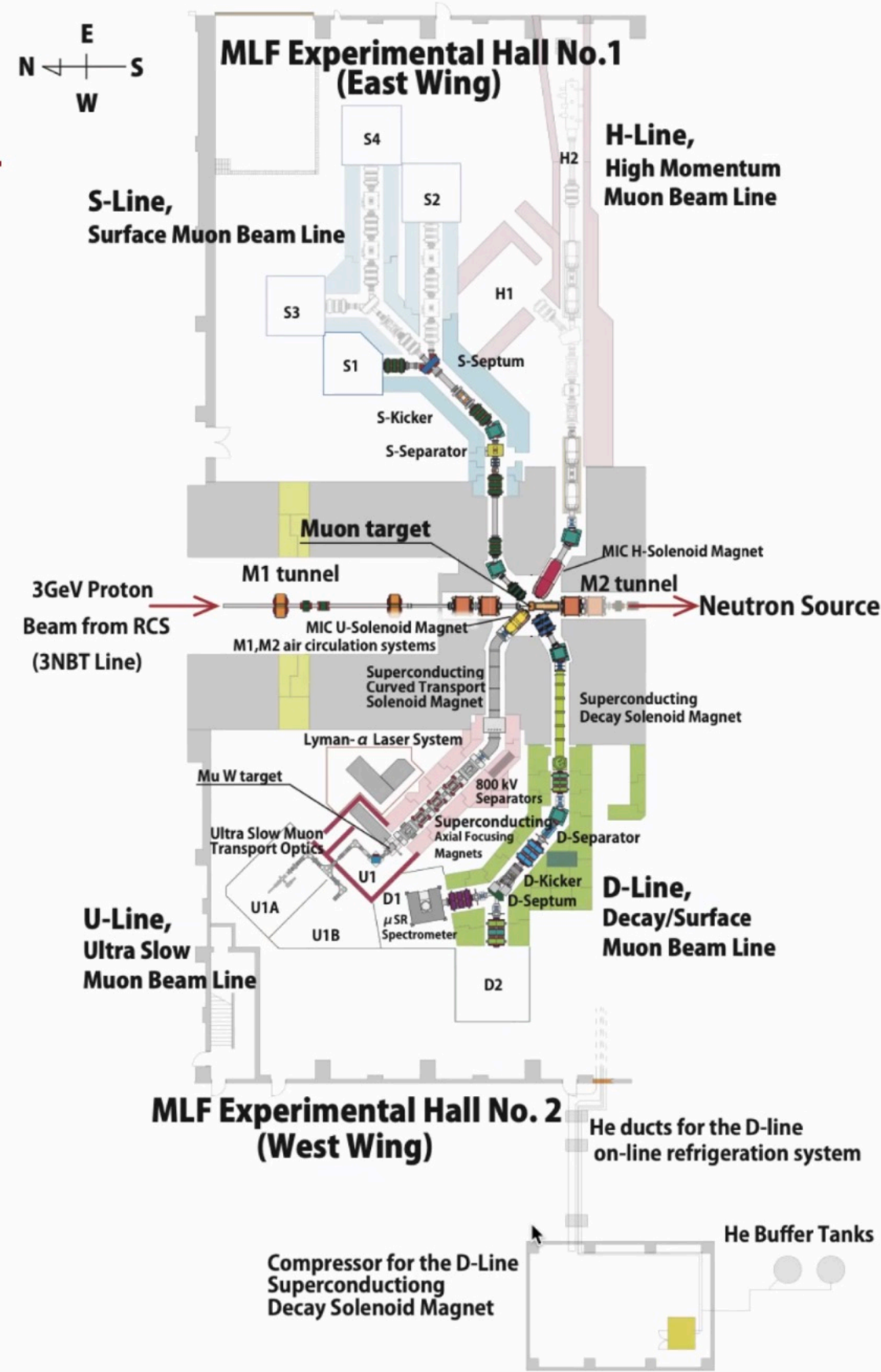
请所有老师注意, 如对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

发送至 所有人

说点什么...

JPARC缪子源

- 质子3GeV、1MW、25Hz
- 靶：20mm石墨，水冷
- 束线：4条（建成2条）
- 终端：9个
- 科学目标：
 - muSR应用
 - 缪子技术研发



聊天

liqiang

有没有可能通能的质子? 正在讲话: 鲍焯;

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

Yong Liu 刘勇-高能所

敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

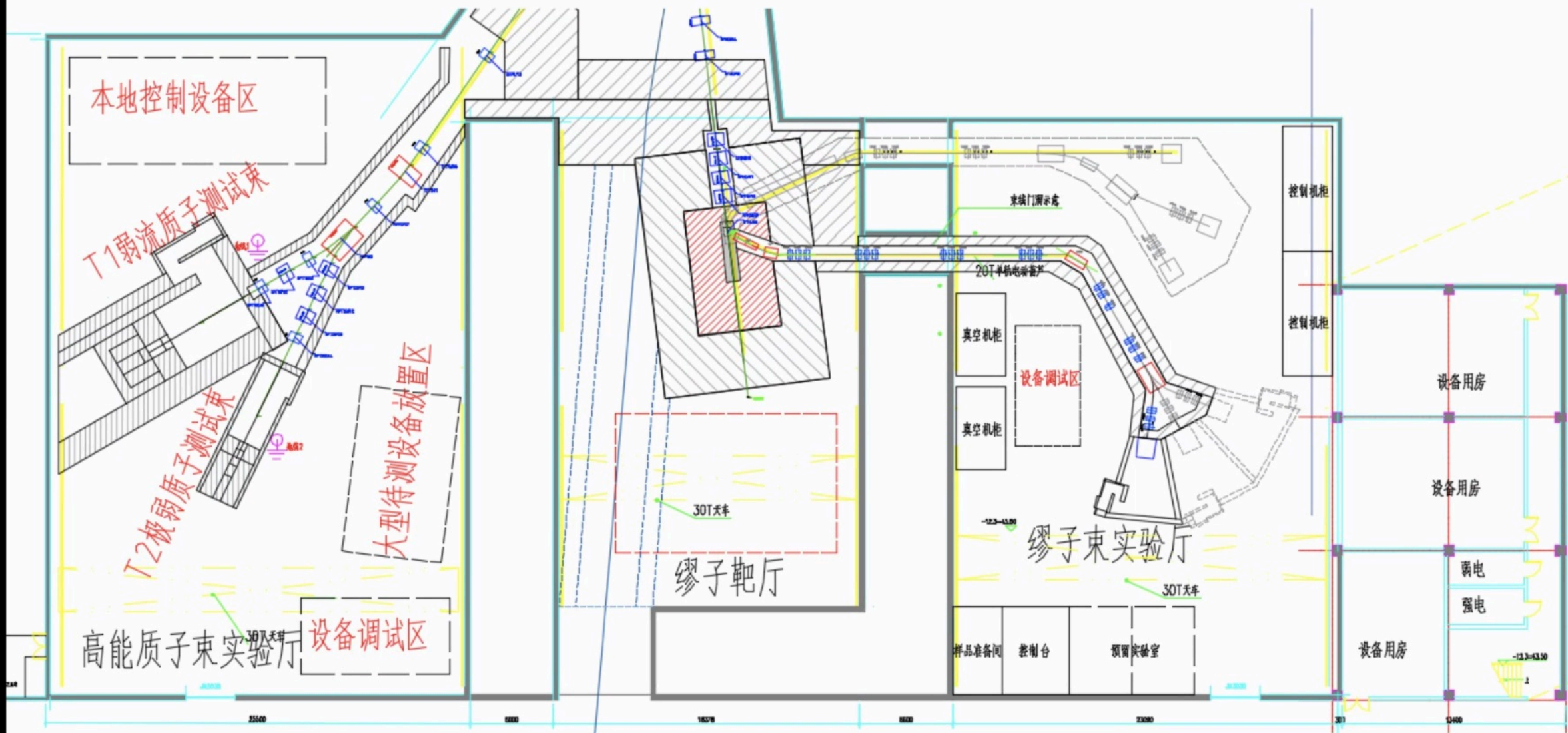
缪子实验终端主持人

请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

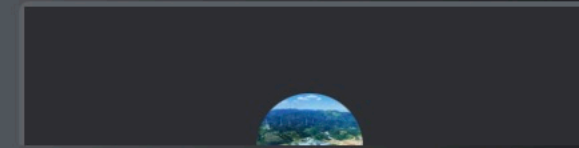
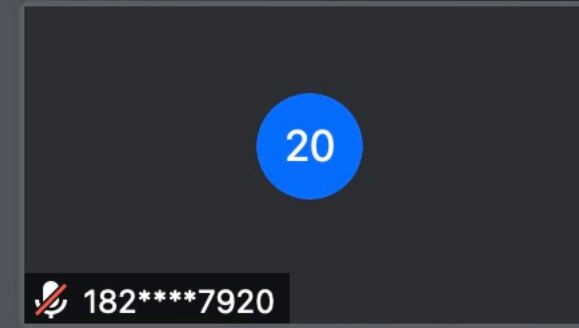
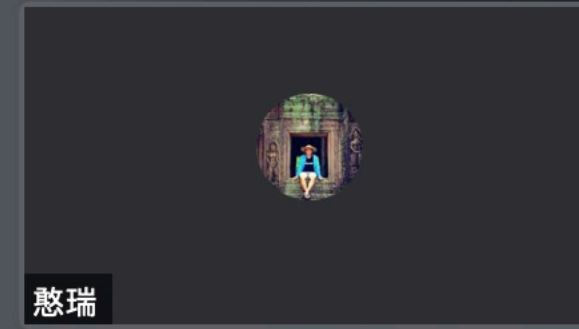
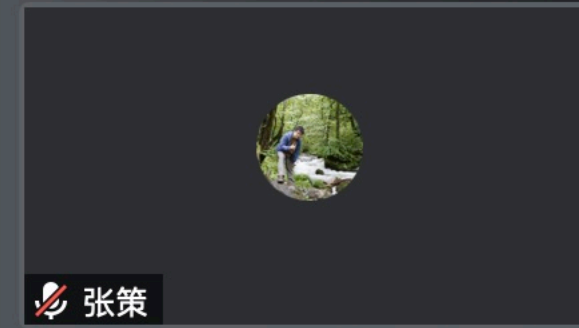
发送至 所有人

说点什么...

CSNS缪子源总体布局



- 项目总经费3610万元
- 初步建设一条表面缪子束线，一台谱仪
- 未来规划第二条衰变缪子束线，6台谱仪



聊天

liqiang

有没有可能通能的质子? 正在讲话: 鲍煜;

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

Yong Liu 刘勇-高能所

敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

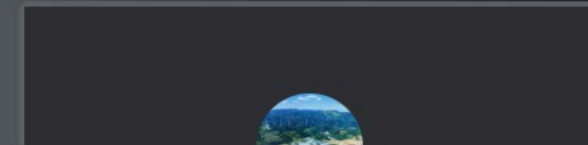
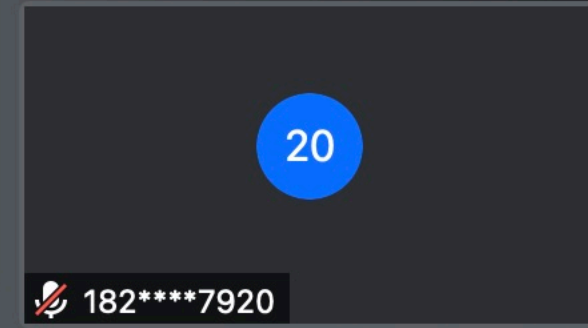
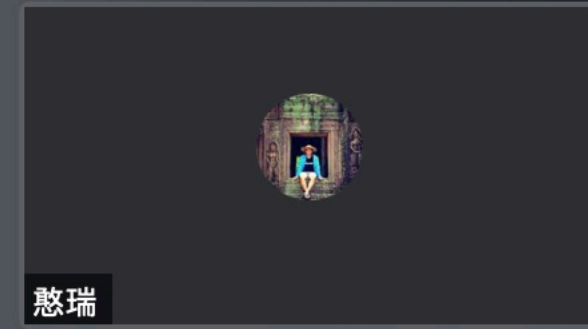
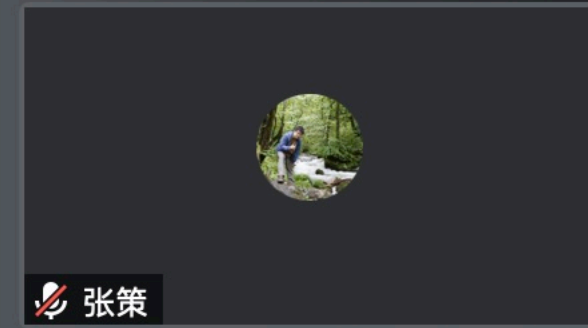
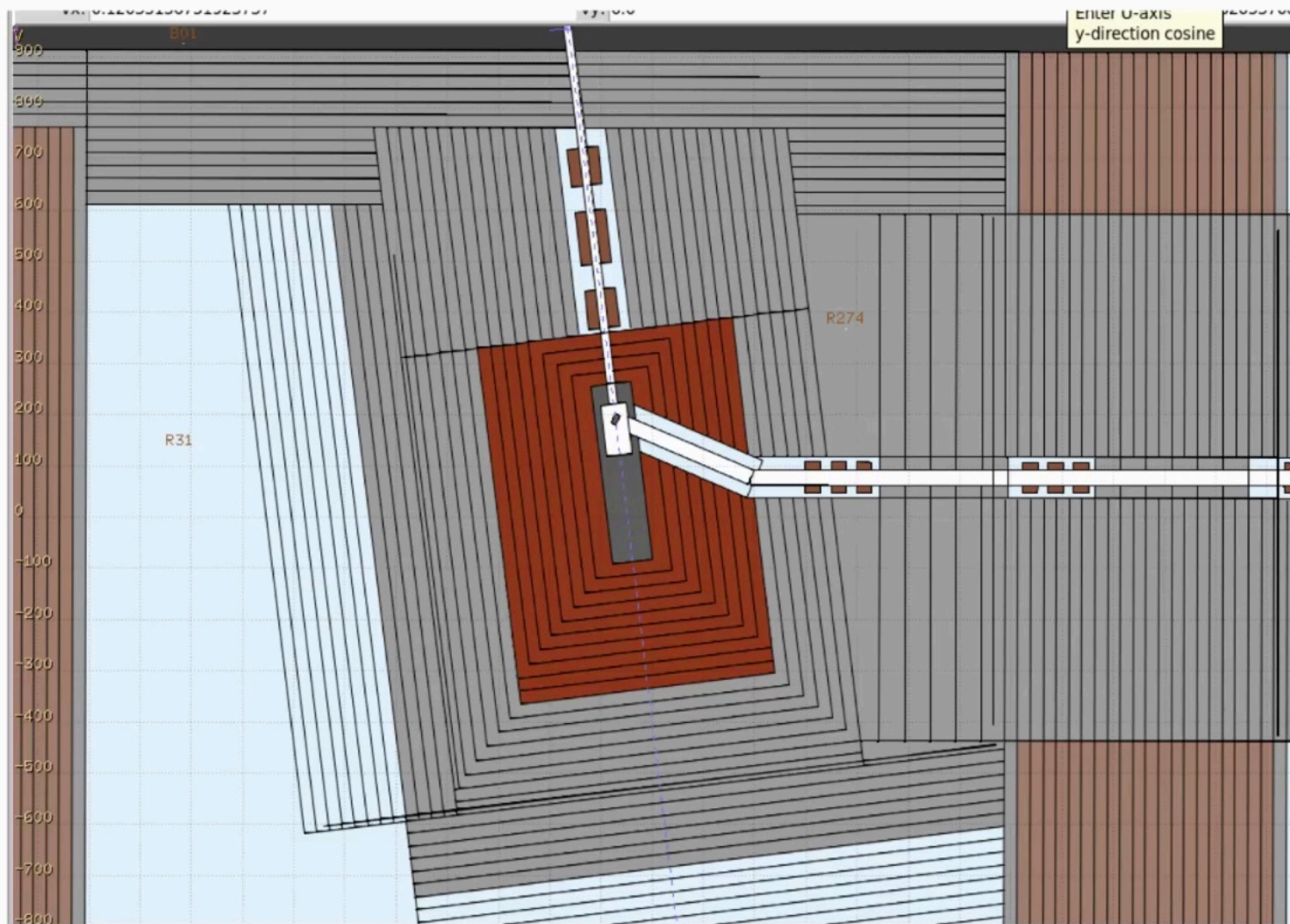
请所有老师注意, 如对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

发送至 所有人

说点什么...

缪子靶站设计

- 缪子靶站
 - 机械结构及真空
 - 屏蔽防护



聊天

liqiang

有没有可能通能的质子? 正在讲话: 鲍煜;

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

Yong Liu 刘勇-高能所

敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实验终端...

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

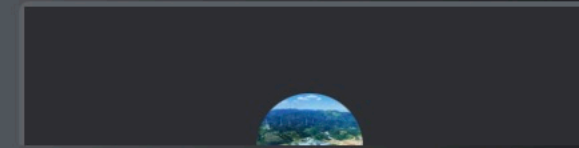
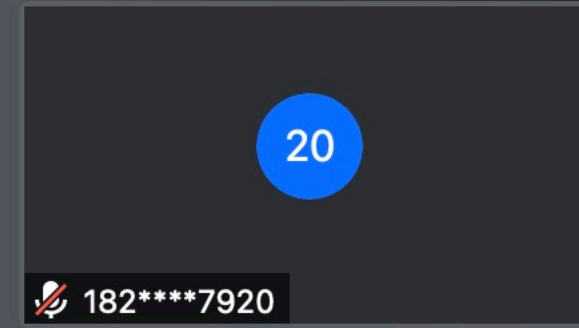
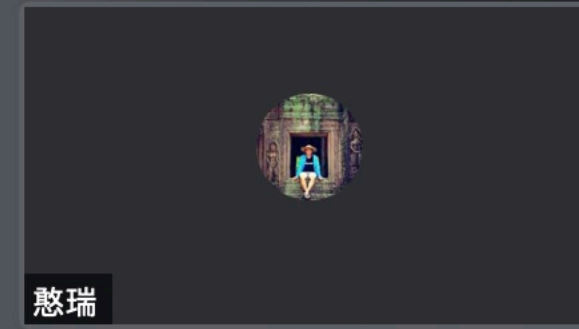
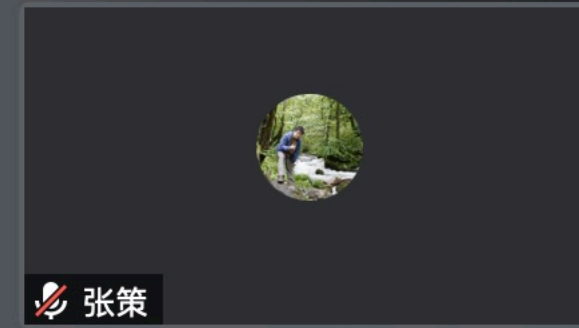
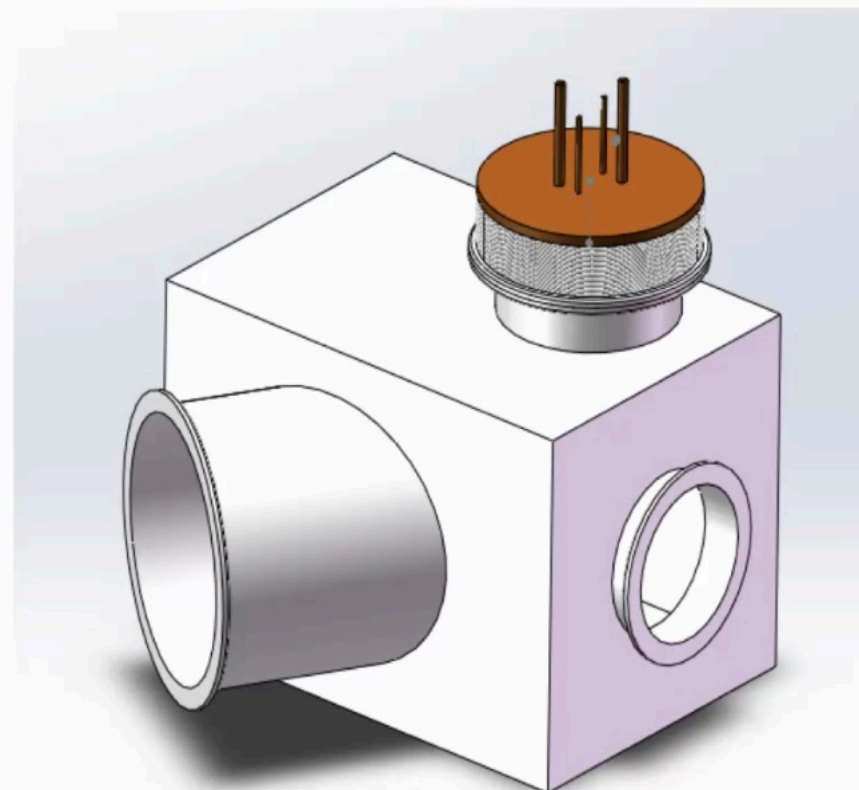
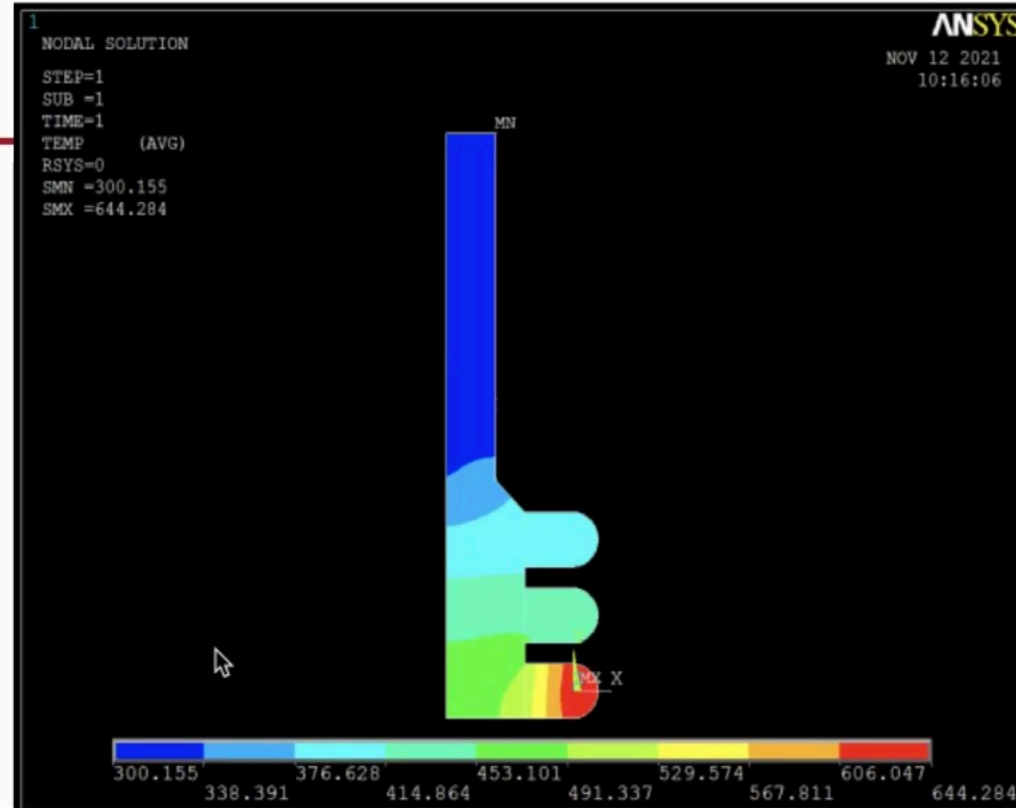
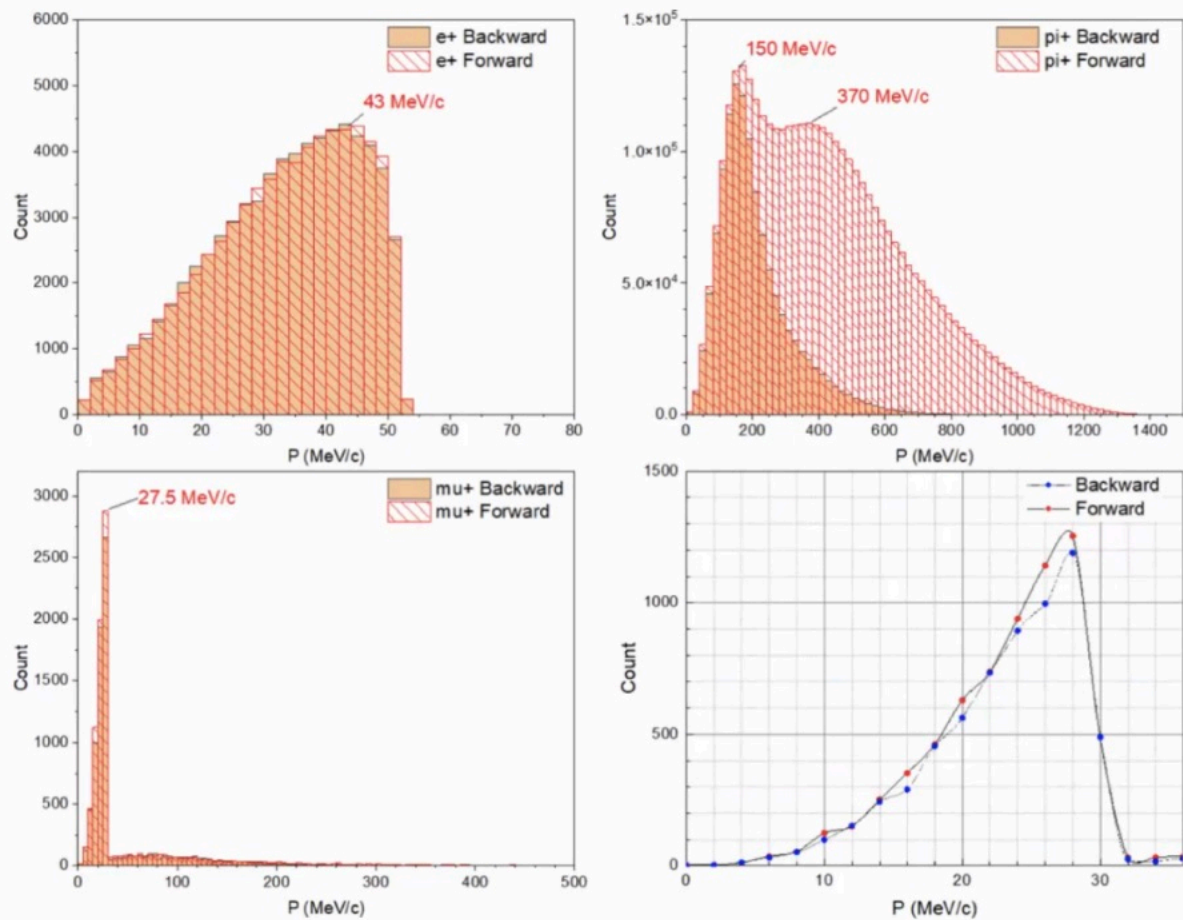
请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

发送至 所有人

说点什么...

缪子产生靶

- 100mm长石墨
- 两个备用，维护周期6年
- 沉积功率1kW
- 最高温度644K



敬老师，请问800MeV到1.6GeV之间，束流能量是连续可调的吧？

高能质子束实 正在讲话: 鲍煜;

收到，谢谢，已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有老师注意，如想对报告提问，请将问题在聊天栏里发出，会议室负责人会将您的问题转给主持人，主持人将根据时间选择问题进行解答，没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档，带上回答发给所有参会老师，谢谢！

11:58

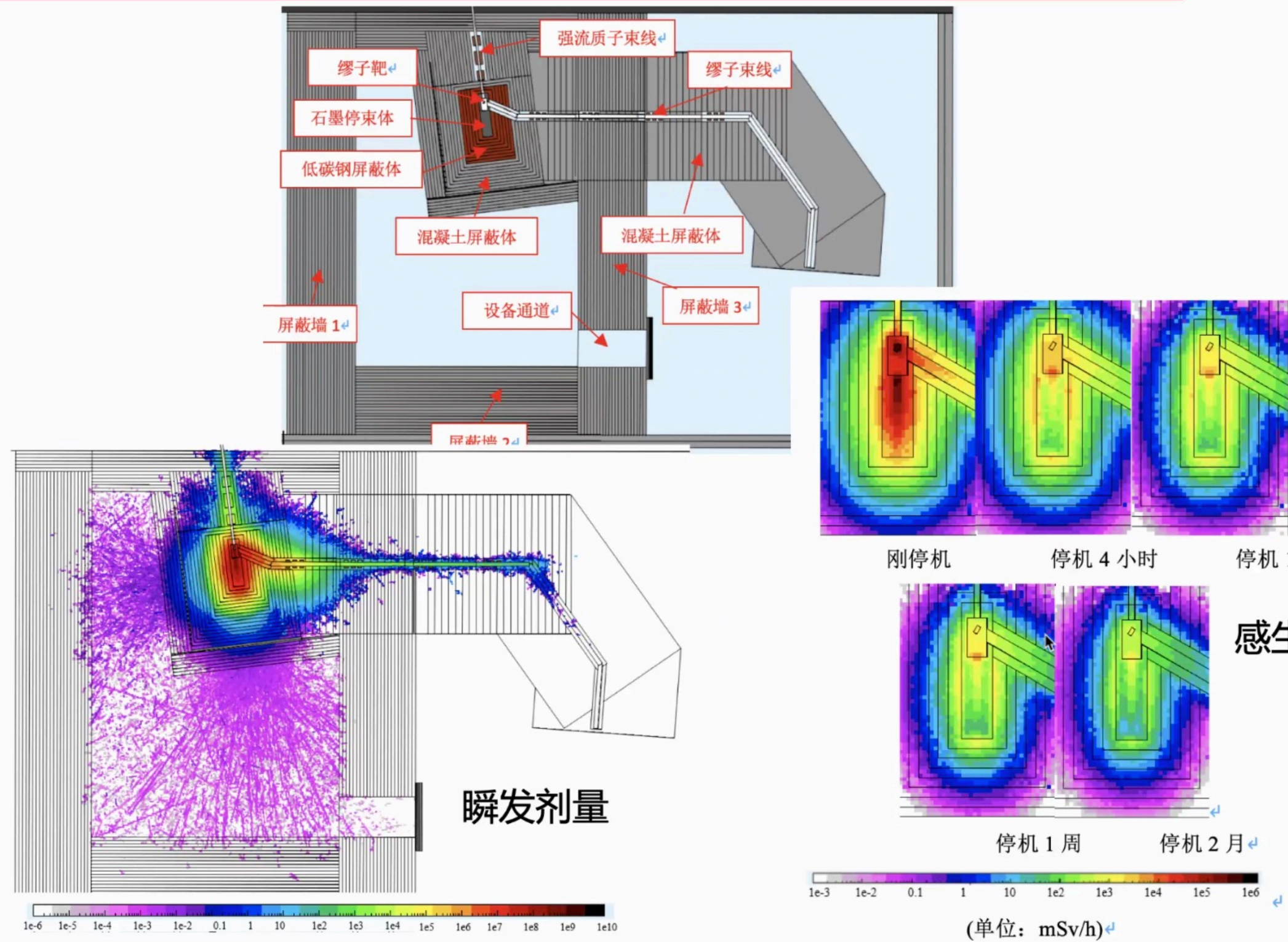
缪子实验终端主持人

请所有老师注意，如想对报告提问，请将问题在聊天栏里发出，会议室负责人会将您的问题转给主持人，主持人将根据时间选择问题进行解答，没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档，带上回答发给所有参会老师，谢谢！

发送至 所有人

说点什么...

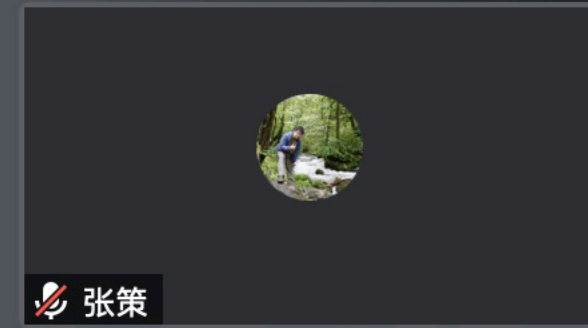
靶站屏蔽



缪子实验终端会议现场



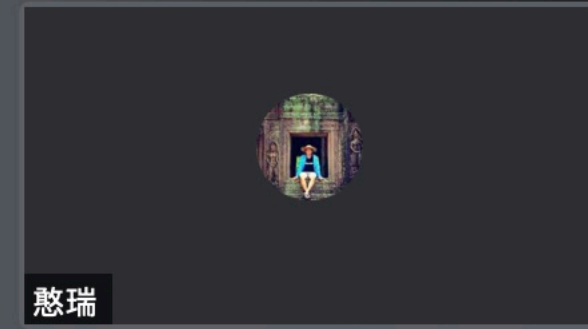
鲍煜



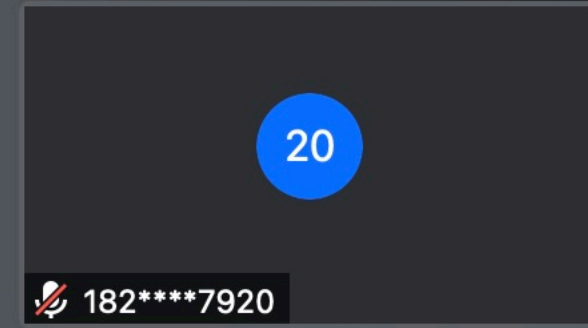
张策



缪子实验终端主持人

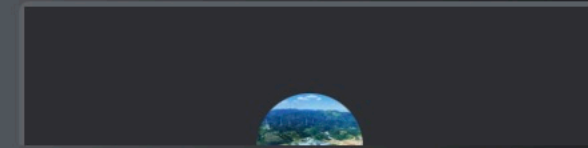


憨瑞



20

182****7920



聊天

敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实 正在讲话: 鲍煜;

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

11:58

缪子实验终端主持人

请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

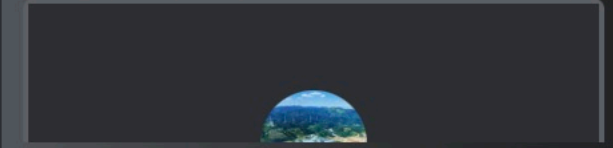
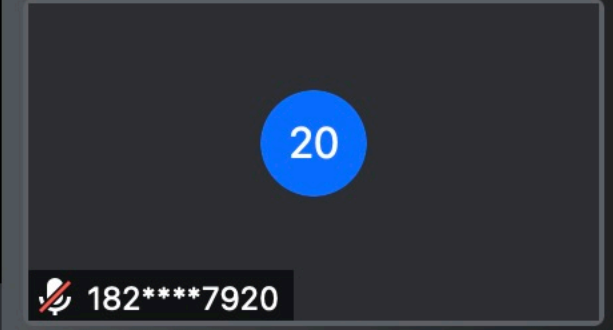
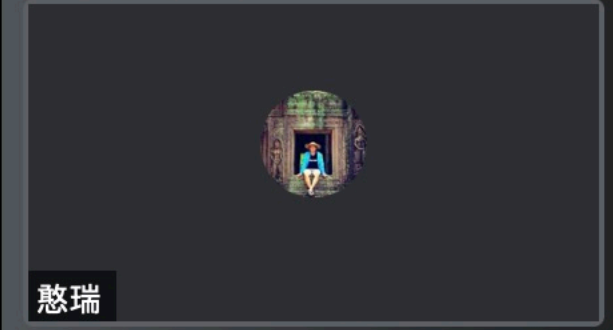
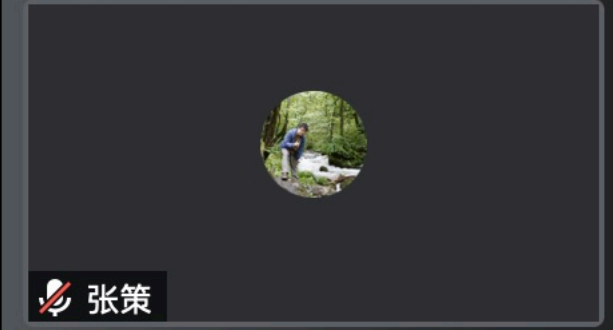
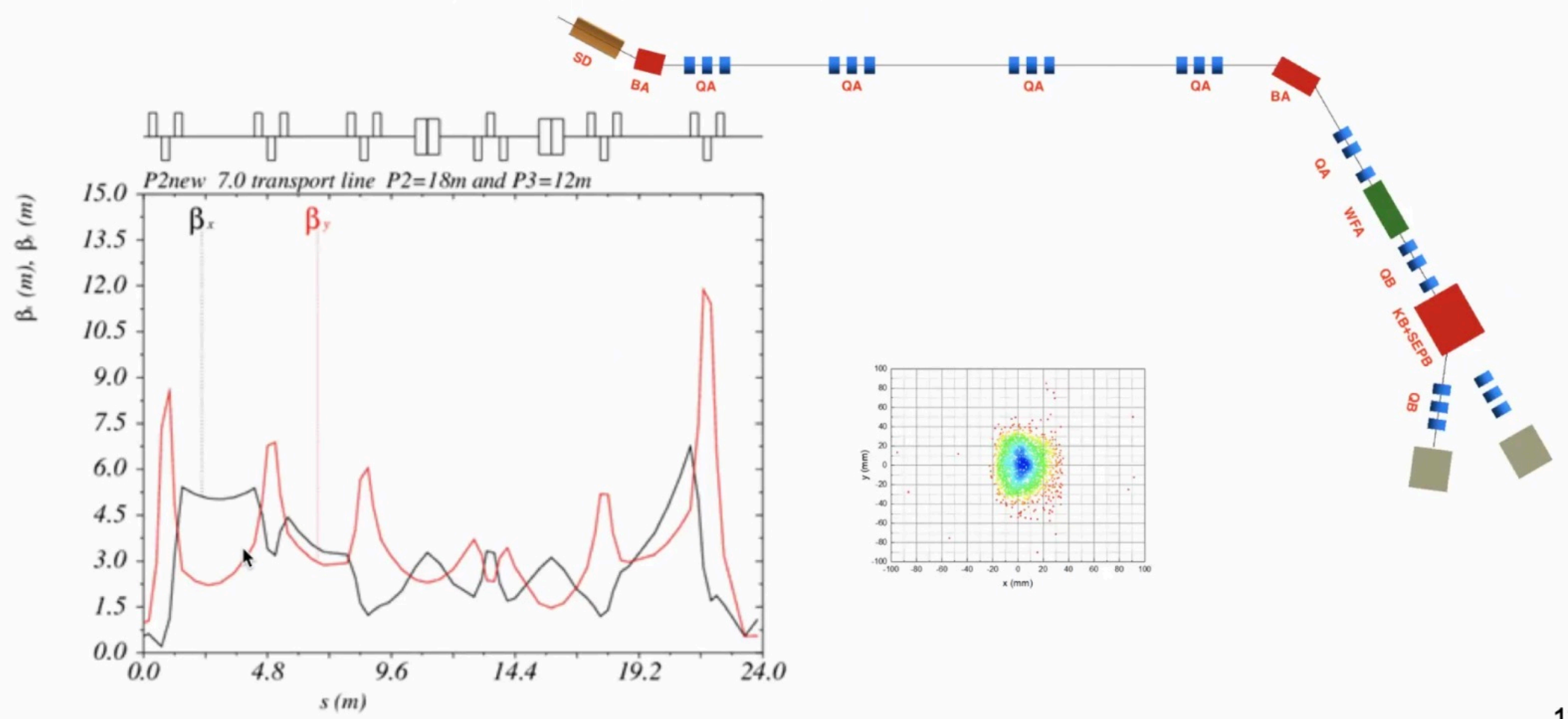
发送至 所有人

说点什么...

缪子束线 (二期仅建设1条)

缪子束线

- 物理设计：完成表面缪子束线整体设计，达到验收标准 $10^5\mu^+/s$
- 磁铁、电源、真空：完成初步设计
- 束流监测：给出流强检测方案
- 控制连锁：束流开关+kicker连锁



聊天

敬老师，请问800MeV到1.6GeV之间，束流能量是连续可调的吧？

高能质子束实 正在讲话: 鲍煜;

收到，谢谢，已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有老师注意，如想对报告提问，请将问题在聊天栏里发出，会议室负责人会将您的问题转给主持人，主持人将根据时间选择问题进行解答，没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档，带上回答发给所有参会老师，谢谢！

11:58

缪子实验终端主持人

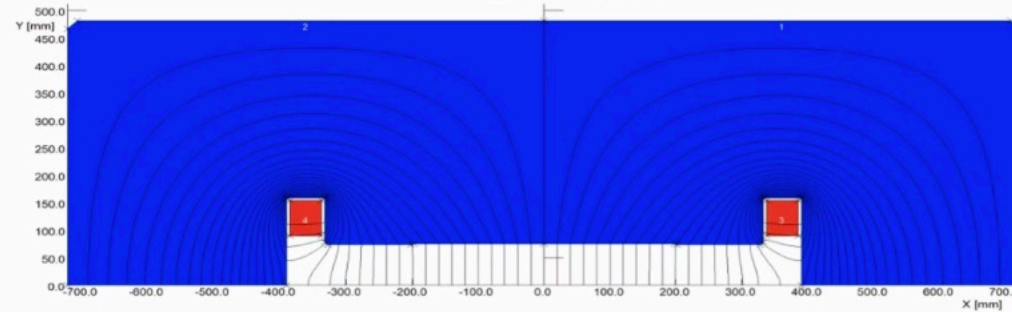
请所有老师注意，如想对报告提问，请将问题在聊天栏里发出，会议室负责人会将您的问题转给主持人，主持人将根据时间选择问题进行解答，没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档，带上回答发给所有参会老师，谢谢！

发送至 所有人

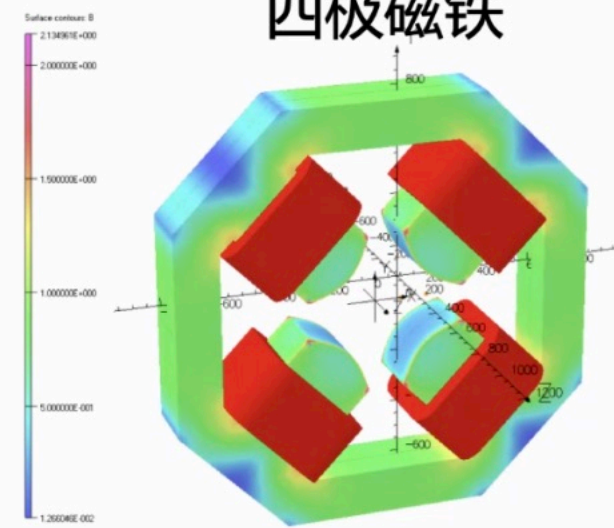
说点什么...

磁铁、电源、真空

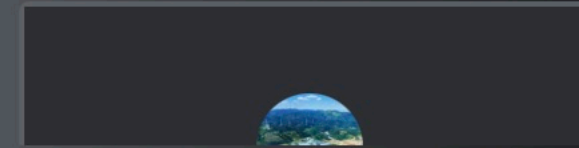
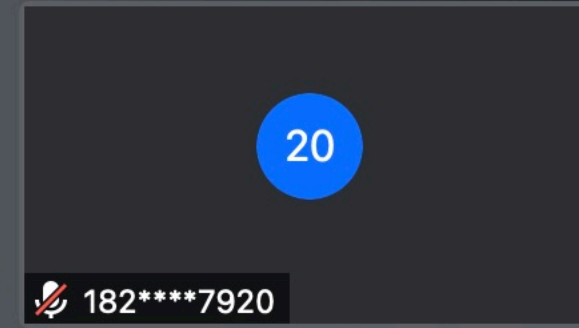
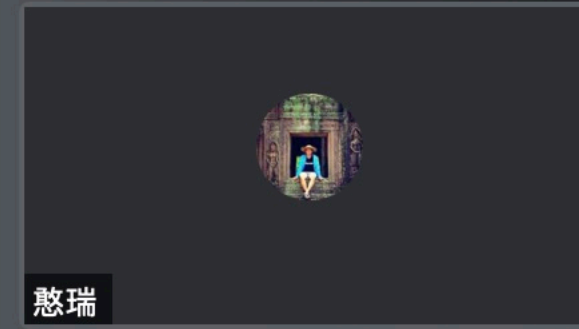
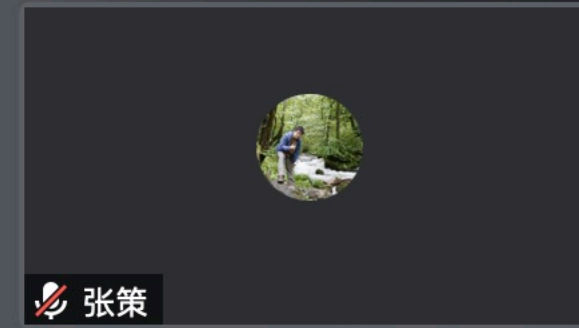
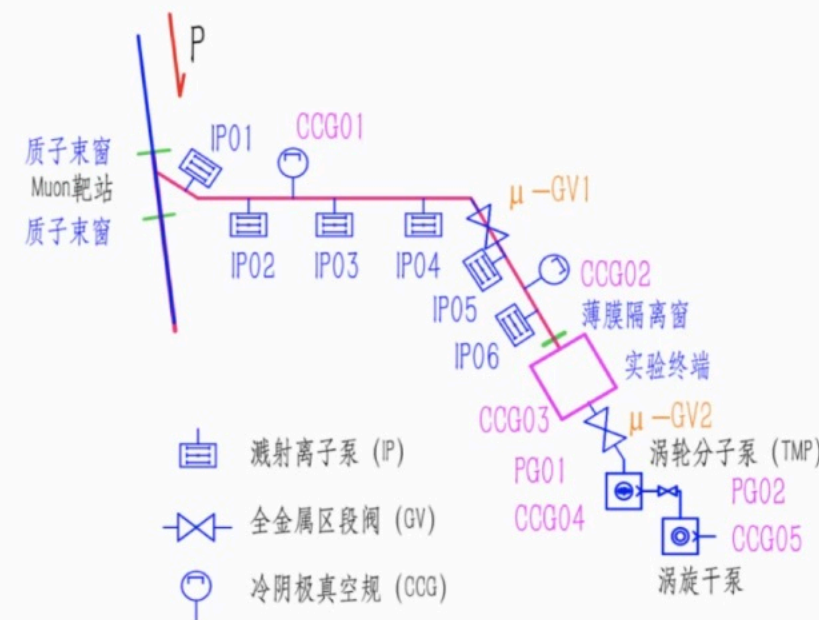
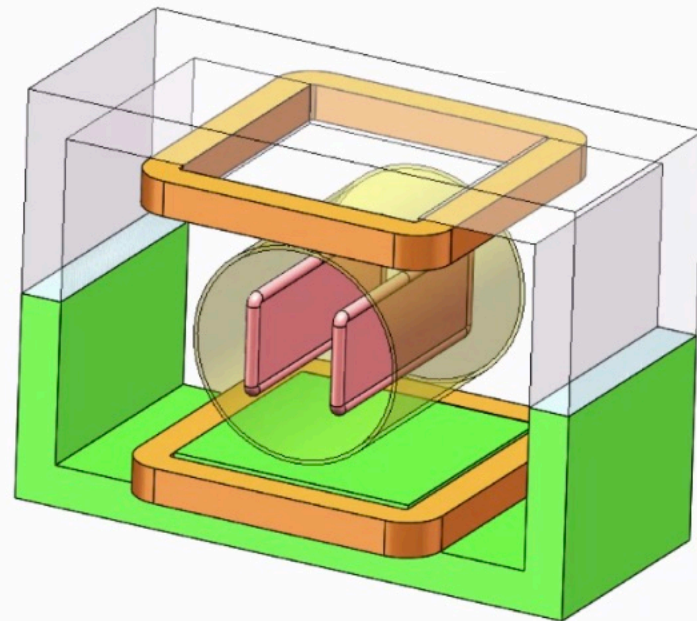
二极磁铁



四极磁铁



维恩滤镜：年初开始研发



聊天

敬老师，请问800MeV到1.6GeV之间，束流能量是连续可调的吧？

高能质子束实 正在讲话: 鲍煜;

收到，谢谢，已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有老师注意，如想对报告提问，请将问题在聊天栏里发出，会议室负责人会将您的问题转给主持人，主持人将根据时间选择问题进行解答，没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档，带上回答发给所有参会老师，谢谢！

11:58

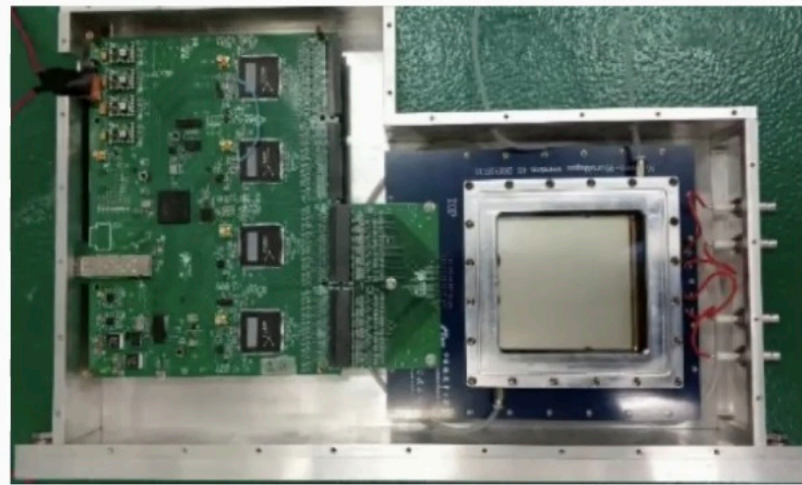
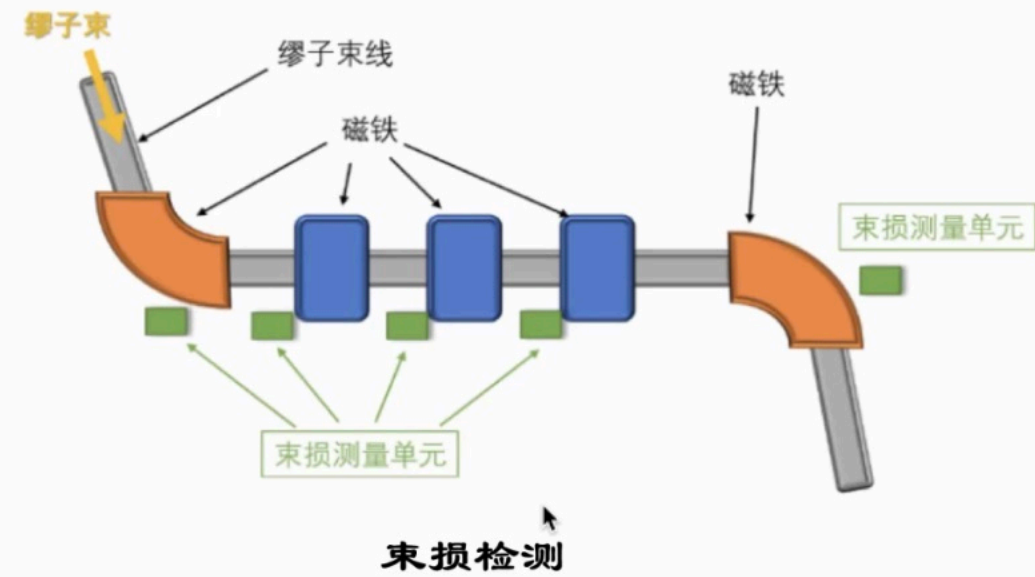
缪子实验终端主持人

请所有老师注意，如想对报告提问，请将问题在聊天栏里发出，会议室负责人会将您的问题转给主持人，主持人将根据时间选择问题进行解答，没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档，带上回答发给所有参会老师，谢谢！

发送至 所有人

说点什么...

束流测量 (验收指标)



束斑检测

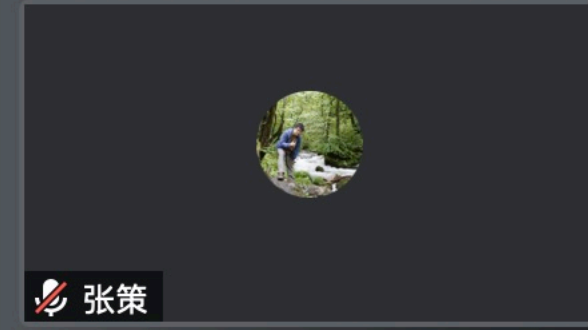
编号	名称	功能	主要指标	拟选用探测器
1	束损探测器	缪子束线调束及束流监测	计数率大于 $10^5/s$, 时间分辨小于1ns	塑料闪烁体+PMT
2	束斑测量探测器	测量终端束斑参数	位置分辨小于1mm	位置灵敏气体探测器 (Micromegas)
3	流强测量探测器	测量终端缪子流强	计数率大于 $10^6/s$, 时间分辨小于1ns	塑料闪烁体+PMT



缪子实验终端会议现场



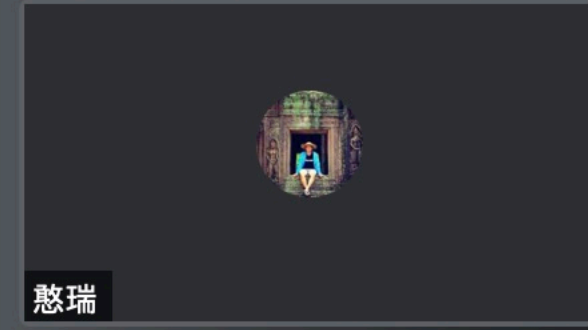
鲍煜



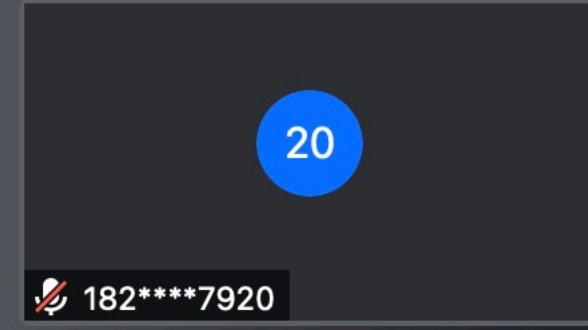
张策



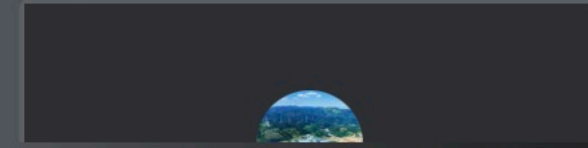
缪子实验终端主持人



憨瑞



182****7920



聊天

敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实 正在讲话: 鲍煜;

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

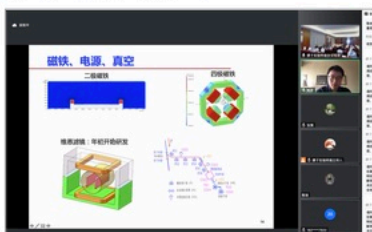
11:58

缪子实验终端主持人

请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

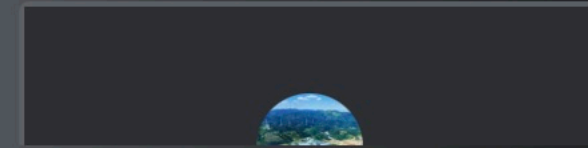
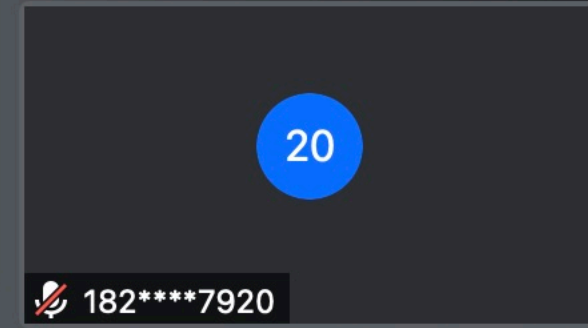
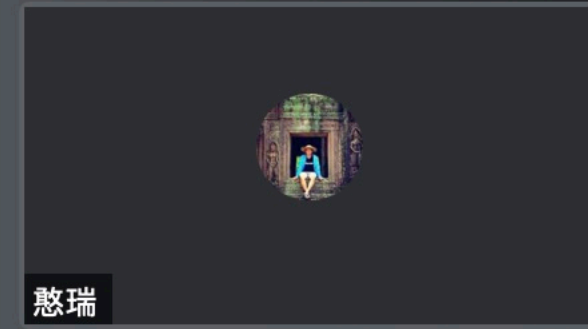
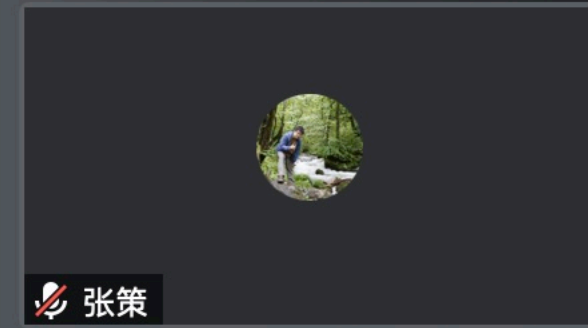
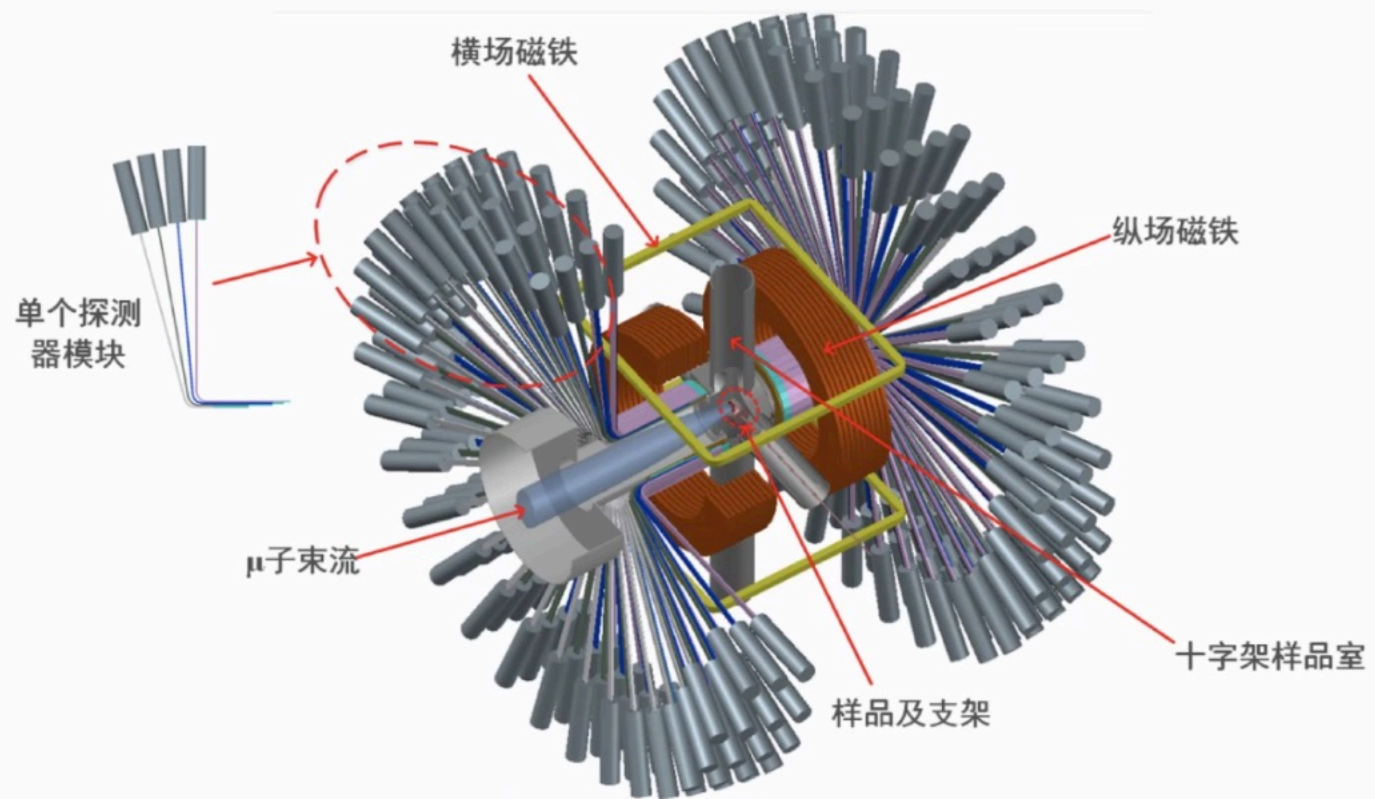
发送至 所有人

说点什么...



缪子谱仪

- 探测器 : 256路, PM
- 样品环境 : 磁场、低温
- 分析软件 : Mantid、musrfit



聊天

敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实 正在讲话: 鲍焜;

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

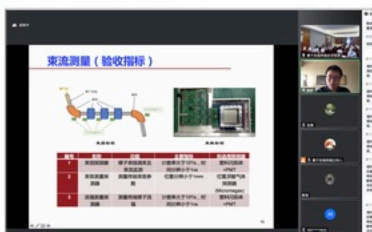
11:58

缪子实验终端主持人

请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

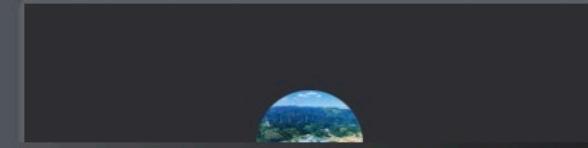
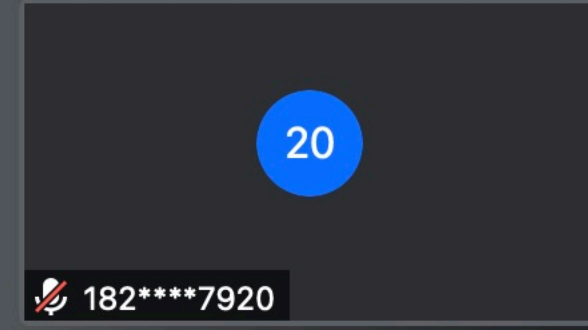
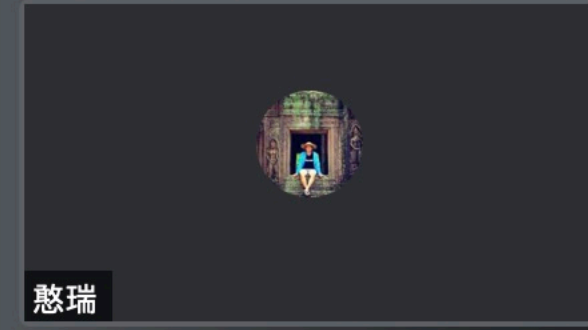
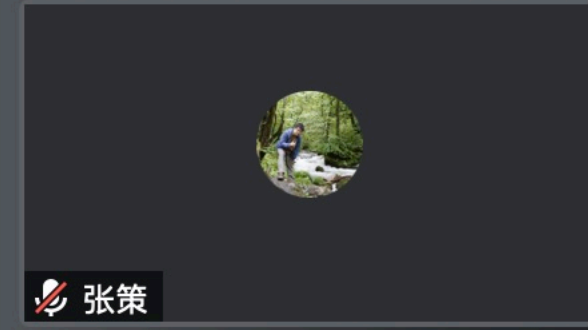
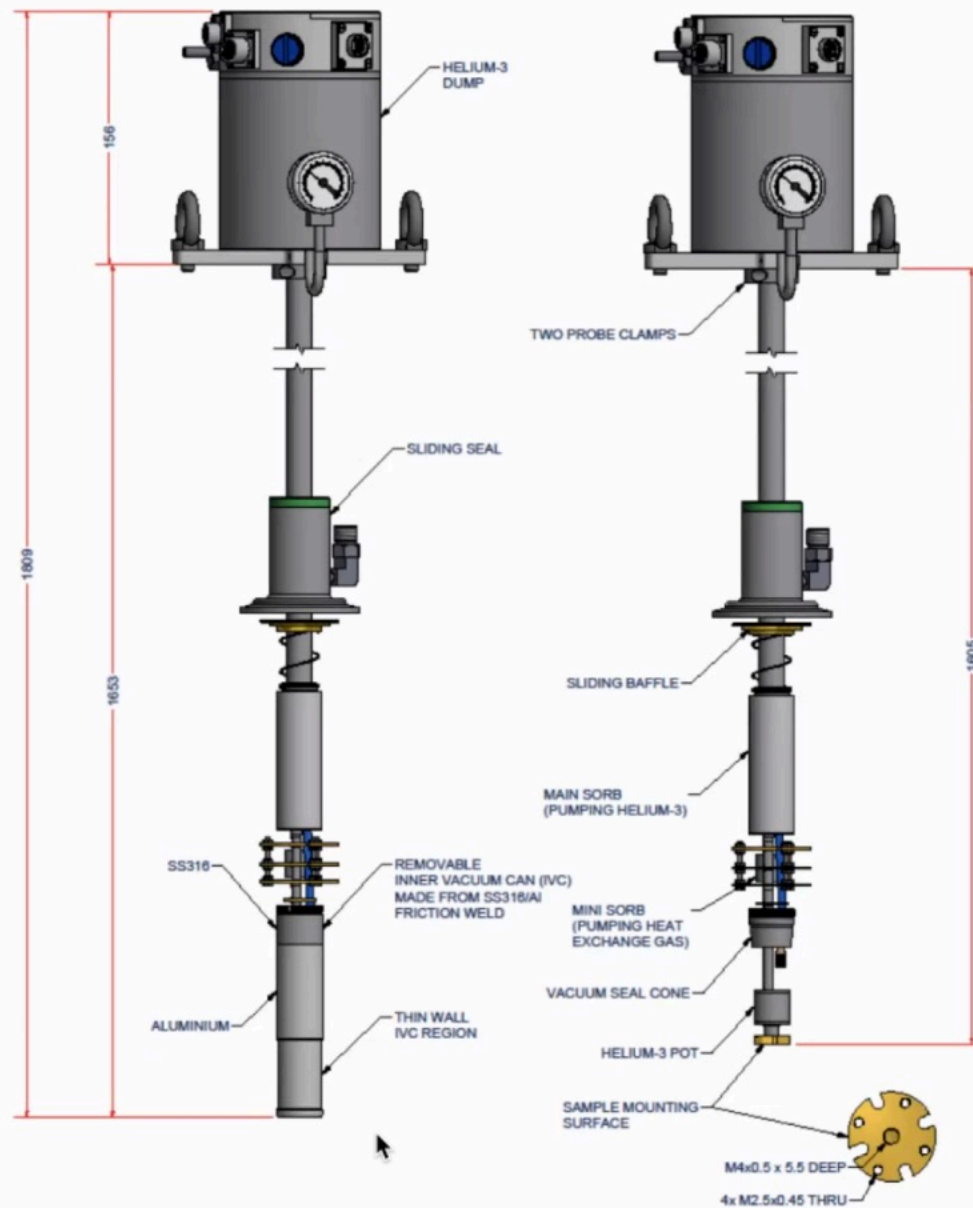
发送至 所有人

说点什么...



谱仪样品环境

- **磁场：**
 - 纵向5000G，横向100G
- **低温：**
 - 300mK~300K
 - 维持时间24h
 - 样品空间40mm



敬老师，请问800MeV到1.6GeV之间，束流能量是连续可调的吧？

高能质子束实 正在讲话: 鲍煜;

收到，谢谢，已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有老师注意，如想对报告提问，请将问题在聊天栏里发出，会议室负责人会将您的问题转给主持人，主持人将根据时间选择问题进行解答，没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档，带上回答发给所有参会老师，谢谢！

11:58

缪子实验终端主持人

请所有老师注意，如想对报告提问，请将问题在聊天栏里发出，会议室负责人会将您的问题转给主持人，主持人将根据时间选择问题进行解答，没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档，带上回答发给所有参会老师，谢谢！

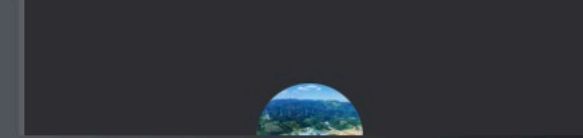
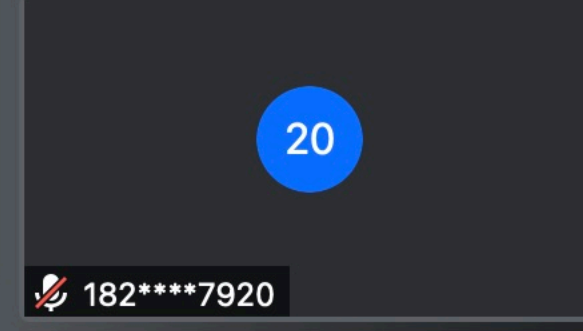
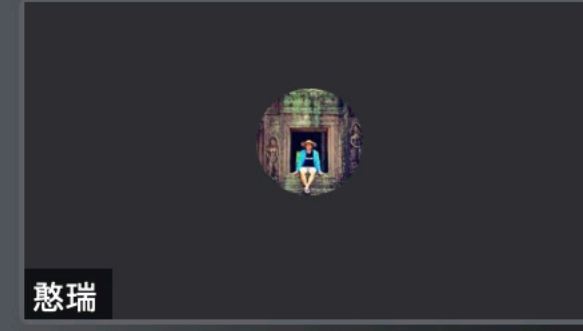
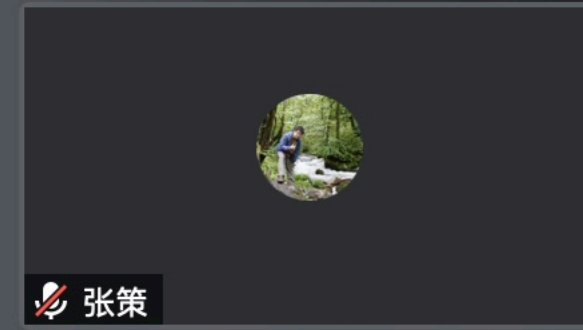
发送至 所有人

说点什么...

缪子源主要参数与国际对比

	ISIS	JPARC	CSNS-MT
质子功率 (kW)	160	500	20
表面缪流强 (/s)	10^6	$6 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^5$
极化率 (%)	>90	>90	>90
正电子 (%)	<1%	<1%	<1%
重复频率 (Hz)	40	25	1
探测器单元数	96	640 (for 1MW)	256
不对称性A	0.28	0.28	0.41
计数率 (Mevents/h on 3*3cm sample)	200	~500	8
C*A ²	15.6	39.2	1.3

用户关键参数： 计数率C * 不对称性A²



聊天

敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实 正在讲话: 鲍煜;

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

11:58

缪子实验终端主持人

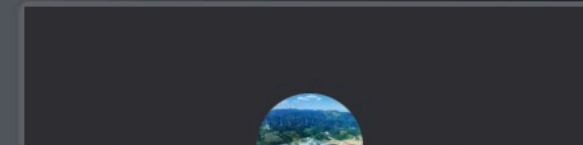
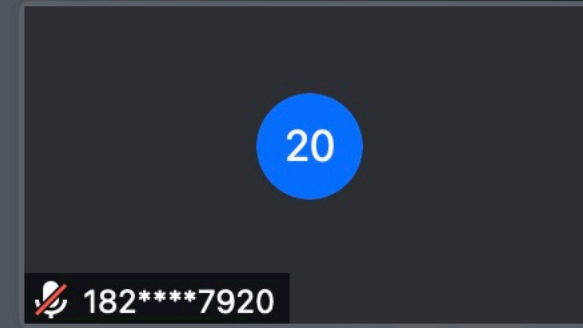
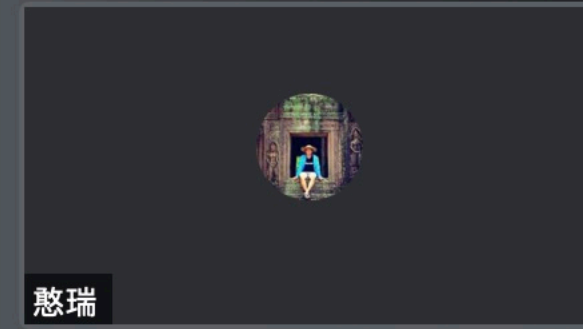
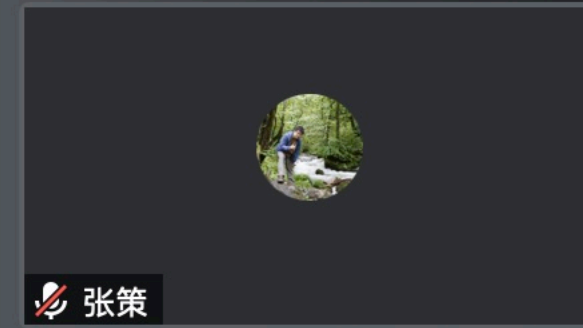
请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

发送至 所有人

说点什么...

未来规划

- **谱仪升级：**
 - 基于SiPM的2560路探测器，计数率接近ISIS水平
- **第二条束线：**
 - 超导高能pi介子/衰变缪子束线
- **多个终端：**
 - 规划6个终端，覆盖高能、慢缪子、低温、高场、高压等多个muSR谱仪，兼顾缪子照相、荧光分析、技术研发测试等多种应用



聊天

敬老师，请问800MeV到1.6GeV之间，束流能量是连续可调的吧？

高能质子束实 正在讲话: 鲍煜;

收到，谢谢，已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有老师注意，如想对报告提问，请将问题在聊天栏里发出，会议室负责人会将您的问题转给主持人，主持人将根据时间选择问题进行解答，没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档，带上回答发给所有参会老师，谢谢！

11:58

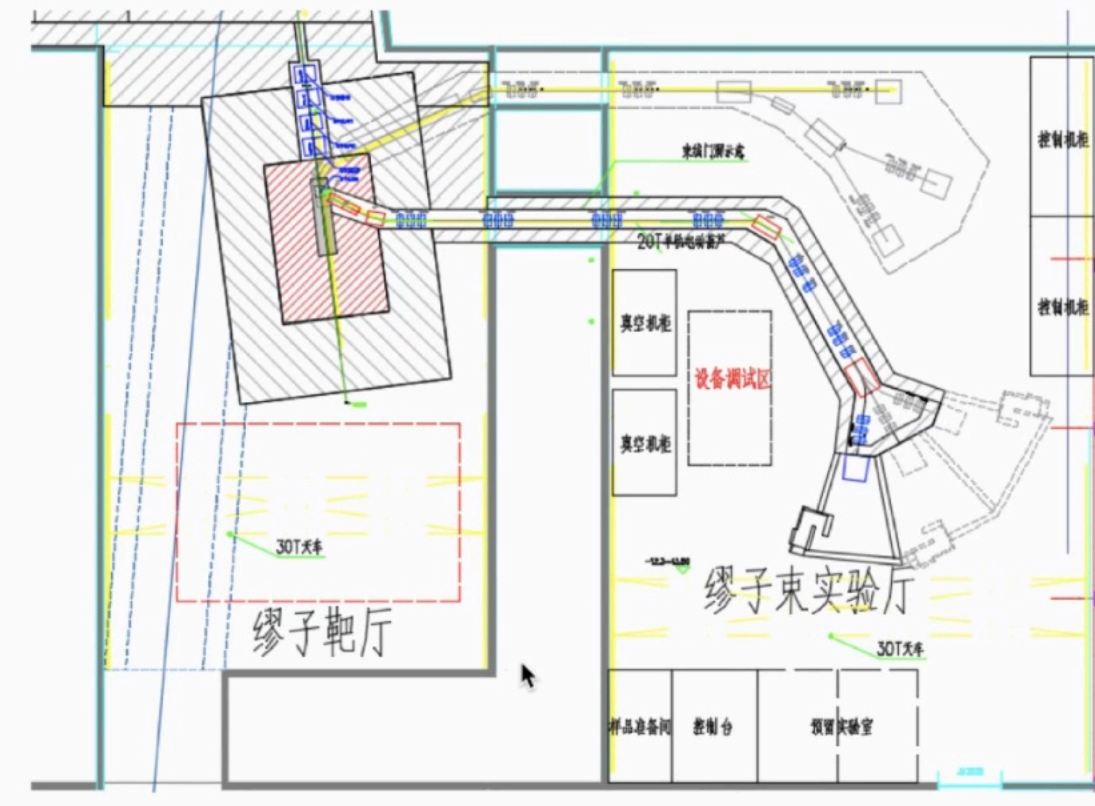
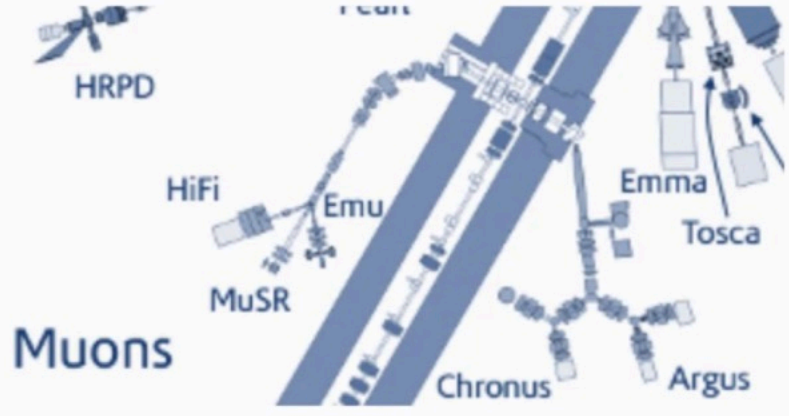
缪子实验终端主持人

请所有老师注意，如想对报告提问，请将问题在聊天栏里发出，会议室负责人会将您的问题转给主持人，主持人将根据时间选择问题进行解答，没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档，带上回答发给所有参会老师，谢谢！

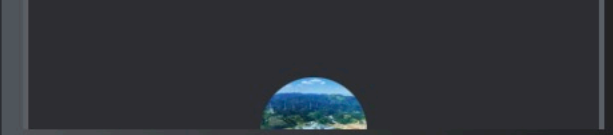
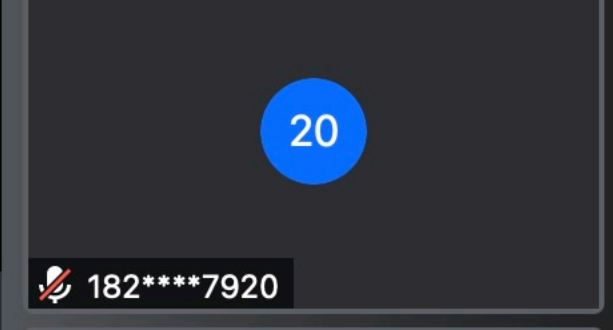
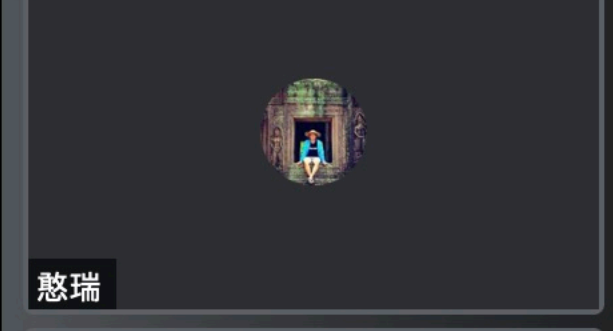
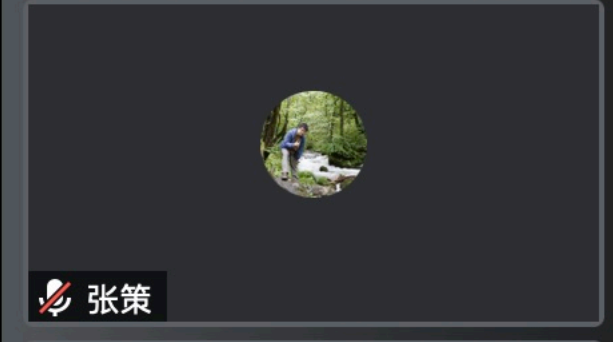
发送至 所有人

说点什么...

未来应用 (1) 更多muSR终端



- 增加 π 介子/衰变缪子束线：
 - 高能模式
 - 高流强模式
- 增加更多表面缪子终端：
 - 不同用户需求样品环境



聊天

敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实 正在讲话: 鲍煜;

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

11:58

缪子实验终端主持人

请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

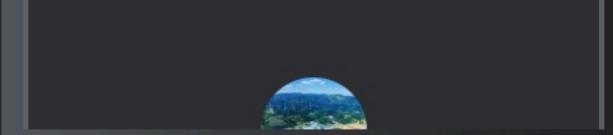
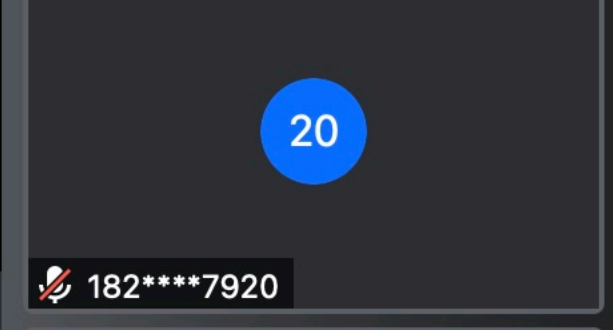
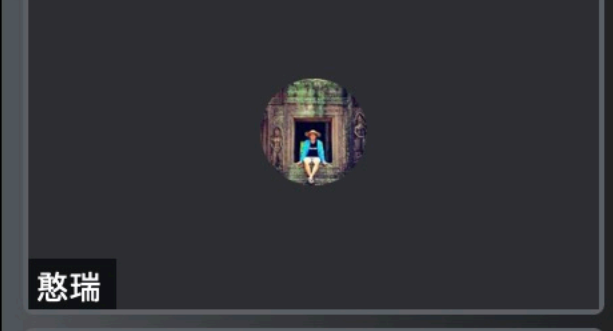
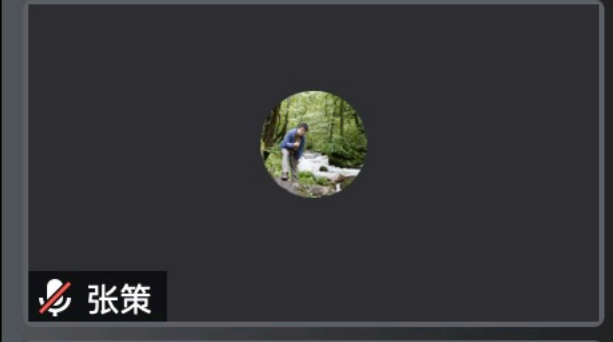
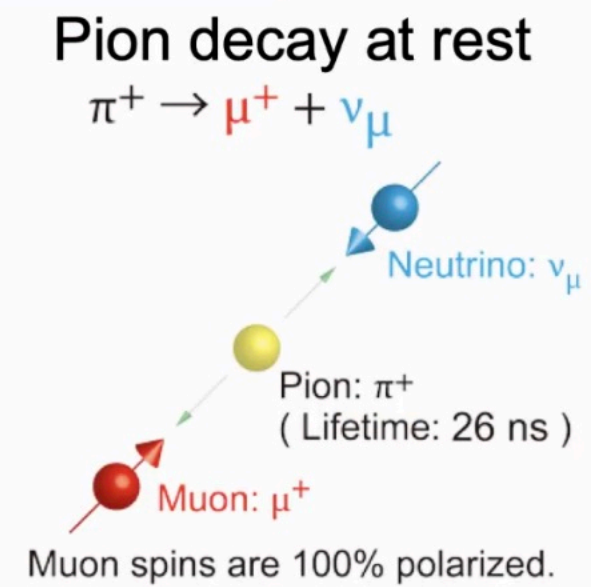
20

发送至 所有人

说点什么...

未来应用 (2) 粒子物理

- **静止pion衰变**
 - 寻找大质量中微子
- **反缪子素直接产生**
 - 正反物质光谱对称性, CPT对称性
- **Mu2e+实验: $\mu^- + (A,Z) \rightarrow e^- + (A,Z-2)$**
 - 带电轻子味道数破坏
- **正反缪子素转换MuMuBar**
 - 带电轻子味道数破坏 (初步测试)



聊天

敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实 正在讲话: 鲍煜;

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

11:58

缪子实验终端主持人

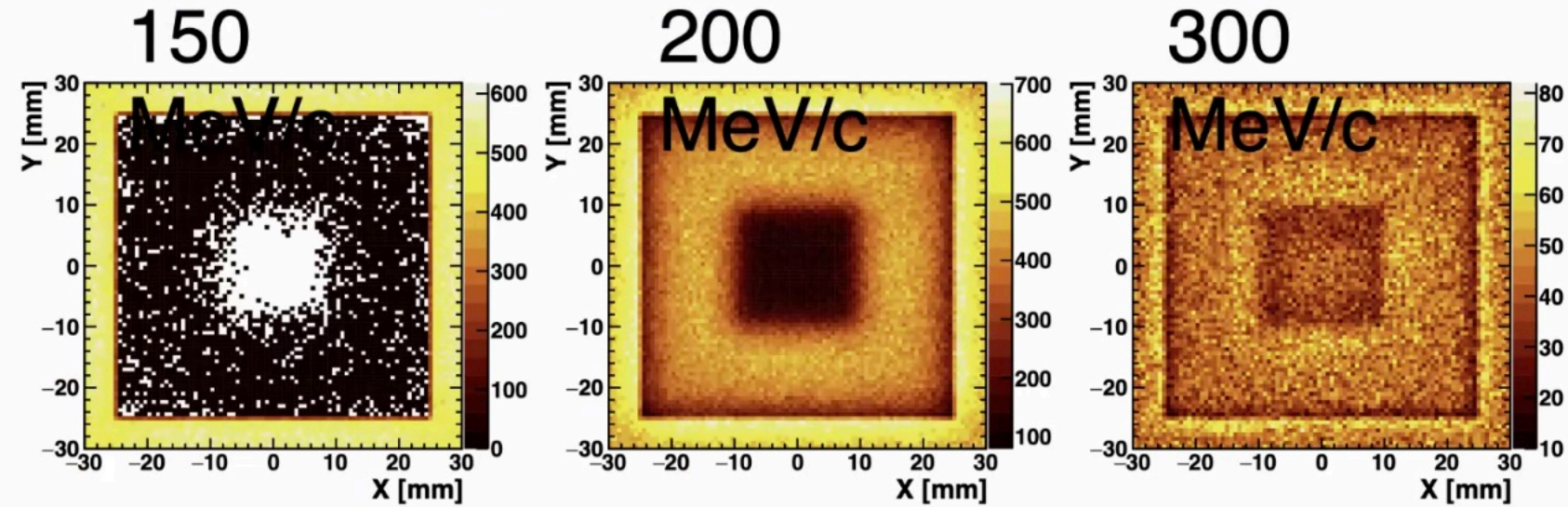
请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

发送至 所有人

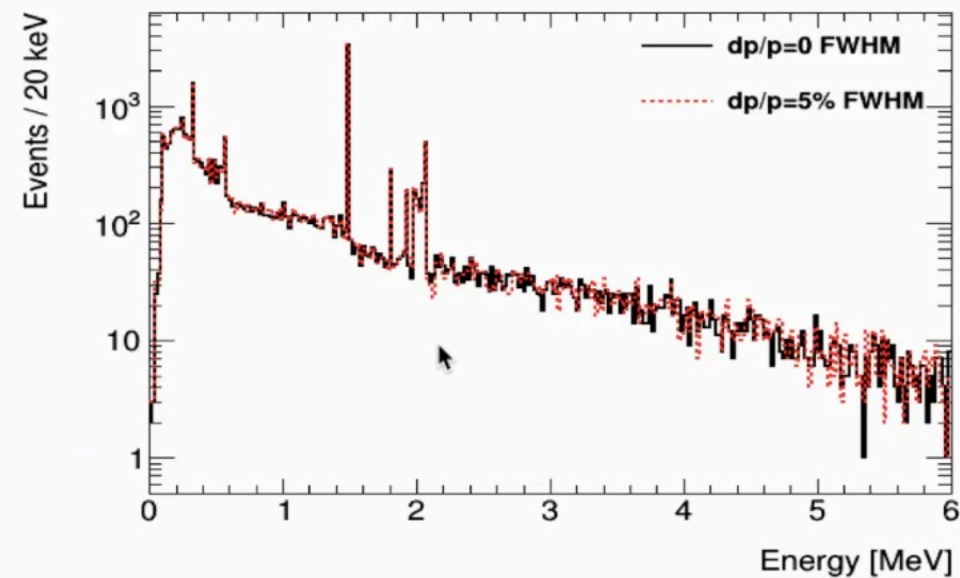
说点什么...

未来应用 (4) 照相、分析、冷聚变

- 高能缪子照相
 - 透射照相、吸收照相



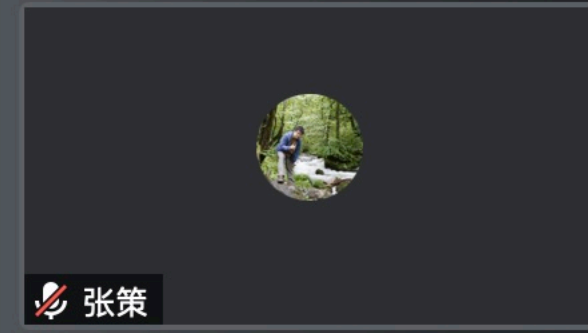
- 缪子荧光分析
 - 考古、化学分析
- 冷聚变



缪子实验终端会议现场



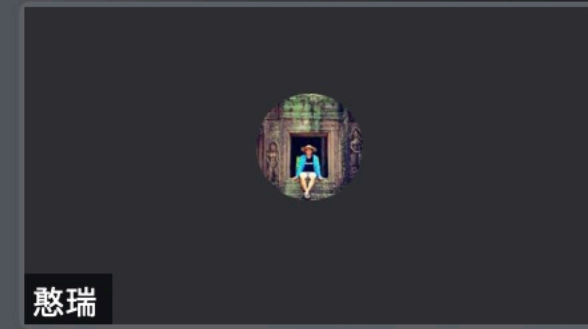
鲍煜



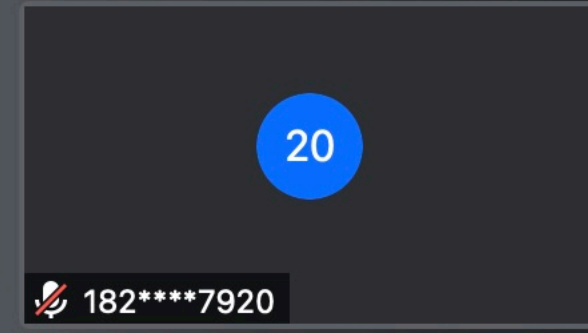
张策



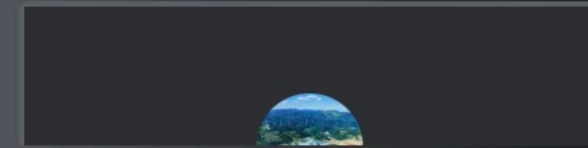
缪子实验终端主持人



憨瑞



182****7920



敬老师, 请问800MeV到1.6GeV之间, 束流能量是连续可调的吧?

高能质子束实 正在讲话: 鲍煜;

收到, 谢谢, 已转发主持人

11:51

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意, 会议即将开始, 请大家调成静音, 没有调成静音的老师将被主持人静音, 谢谢!

缪子实验终端主持人

请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

11:58

缪子实验终端主持人

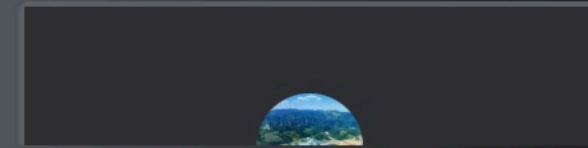
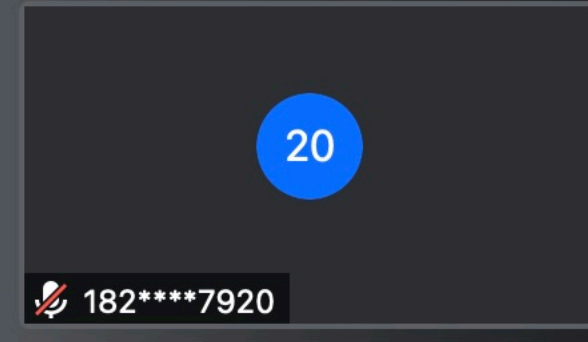
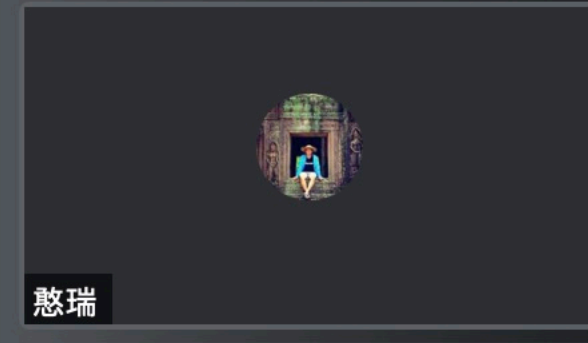
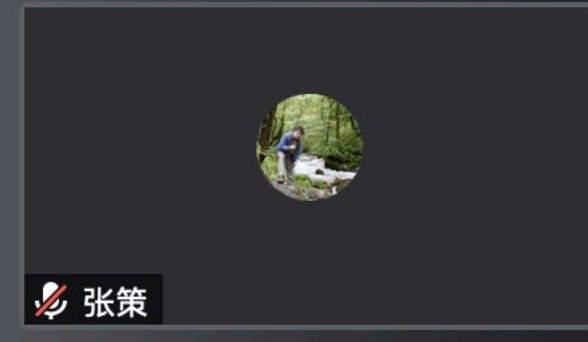
请所有老师注意, 如想对报告提问, 请将问题在聊天栏里发出, 会议室负责人会将您的问题转给主持人, 主持人将根据时间选择问题进行解答, 没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档, 带上回答发给所有参会老师, 谢谢!

发送至 所有人

说点什么...

总结：CSNS缪子源建设意义

- **国家需求**
 - **开创性**：我国首个缪子源，打开众多全新领域
 - **独特性**：唯一能测量材料内部微小局域磁有序的手段，灵敏度达0.1Gauss；唯一能测量 10^4 - 10^{10} 这一频率磁性涨落的手段
 - **性价比**：以较小代价为我国凝聚态物理、磁性材料、生物分子等领域提供一种新的研究平台
- **技术探索**
 - 研究缪子源工程靶站、束线、谱仪等各项技术
 - 为未来我国缪子科学与工程提供技术测试平台
- **未来发展**
 - **更多终端**：开展更多领域应用
 - **高能pi/mu束线**：拓展缪子照相、单粒子效应及pi介子物理研究
 - **超导靶站**：获得更高流强，为未来更强缪子源提供技术验证



聊天

音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老 正在讲话: 鲍煜; 调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有线上老师注意，会议即将开始，请大家调成静音，没有调成静音的老师将被主持人静音，谢谢！

缪子实验终端主持人

请所有老师注意，如想对报告提问，请将问题在聊天栏里发出，会议室负责人会将您的问题转给主持人，主持人将根据时间选择问题进行解答，没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档，带上回答发给所有参会老师，谢谢！

11:58

缪子实验终端主持人

请所有老师注意，如想对报告提问，请将问题在聊天栏里发出，会议室负责人会将您的问题转给主持人，主持人将根据时间选择问题进行解答，没有获得解答的老师后续我们将把所有未回答问题整理成文档，带上回答发给所有参会老师，谢谢！

12:06

李玉锋

荧光和缪子成像不在一期线站中，对否？

缪子实验终端主持人

收到，已转发主持人

缪子实验终端主持人

谢谢提问

发送至 所有人

说点什么...

缪子源主要参数与国际对比

	ISIS	JPARC	CSNS-MT
质子功率 (kW)	160	500	20
表面缪流强 (/s)	10^6	$6 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^5$
极化率 (%)	>90	>90	>90
正电子 (%)	<1%	<1%	<1%
重复频率 (Hz)	40	25	1
探测器单元数	96	640 (for 1MW)	256
不对称性A	0.28	0.28	0.41
计数率 (Mevents/h on 3*3cm sample)	200	~500	8
$C \cdot A^2$	15.6	39.2	1.3

用户关键参数： 计数率C * 不对称性A²



报告提纲



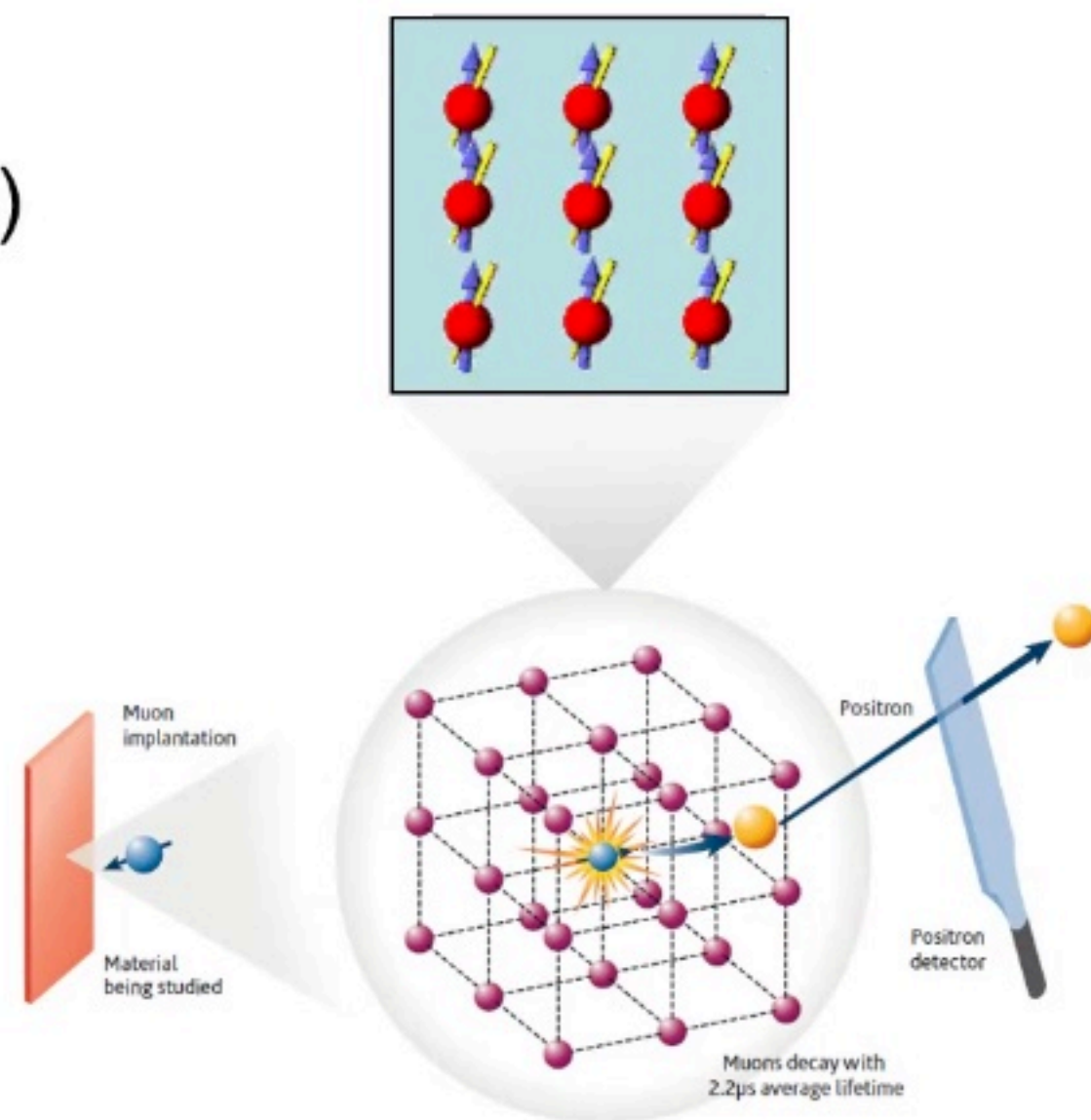
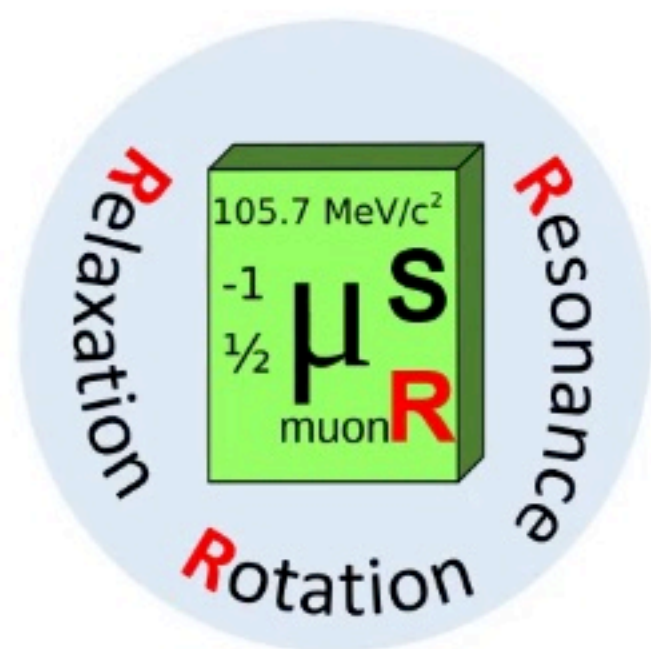
■ 缪子技术

- 基本原理 (基本性质)
- 典型例子 (磁性材料、超导材料)

■ 研究课题

- 旋磁多铁材料
- 非常规超导

■ 总结

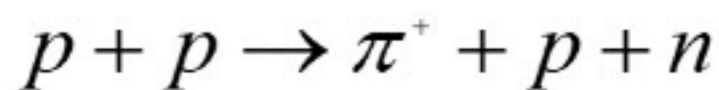




缪子技术：缪子源

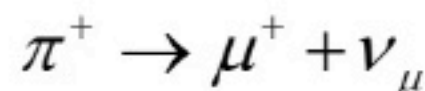


高能质子流 (600 to 800 MeV) 轰击轻元素靶材, 质子和靶材原子核质子或中子反应, 产生π介子 (Pion)

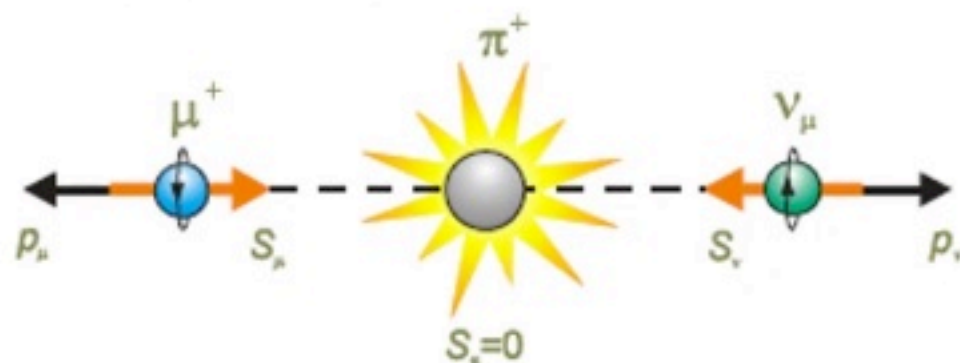


π介子26纳秒后衰变成缪子(muon) 和缪子的中微子

550 MeV



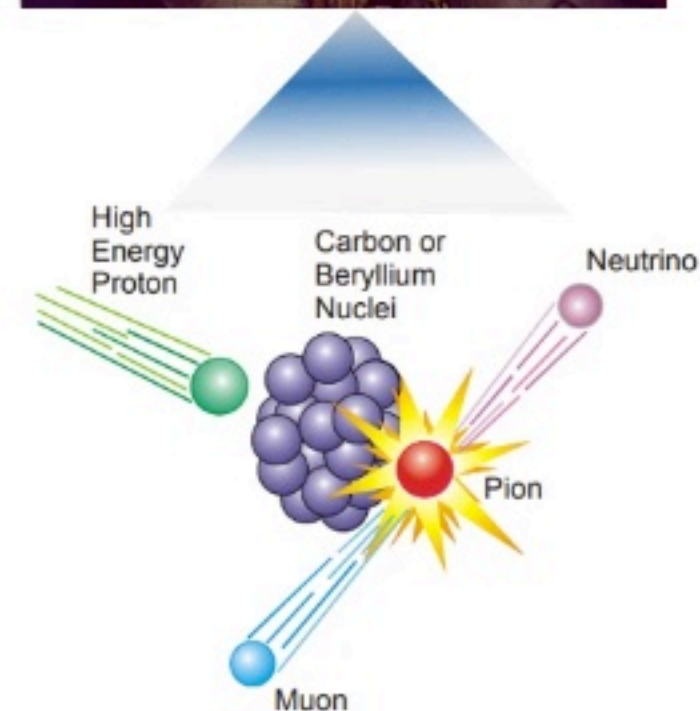
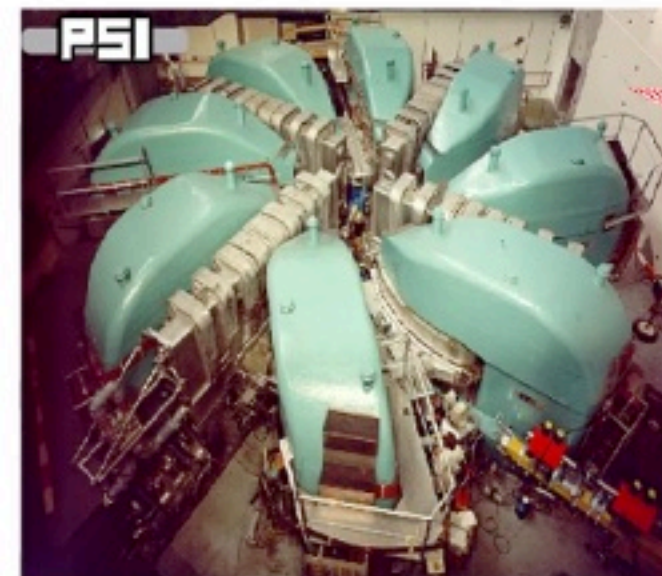
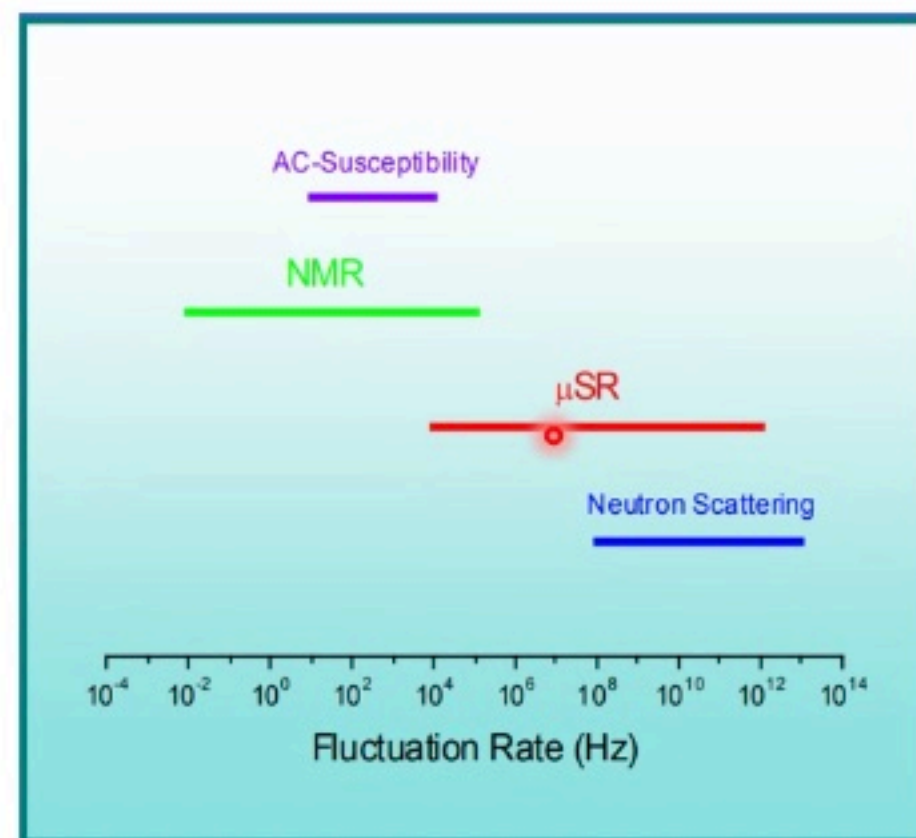
缪子束流是百分百自旋极化, 其自旋和动量反平行



动量: $P_\mu = 29.79 \text{ MeV}/c$, 动能: $E_\mu = 4.12 \text{ MeV}$

自旋极化的缪子是精度极高的磁性测量手段!

质量: $105.65 \text{ MeV}/c^2 \sim 207m_e$
电荷: $+e/-e$
自旋: $1/2$
磁矩: $3.18 \mu_p \sim 0.005 \mu_B$
旋磁比: 851.615 MHz/T
衰变期: $2.2 \mu s$
测量精度: $10^{-3}-10^{-4} \mu_B \sim 0.01 \text{ mT}$





缪子技术：极端条件



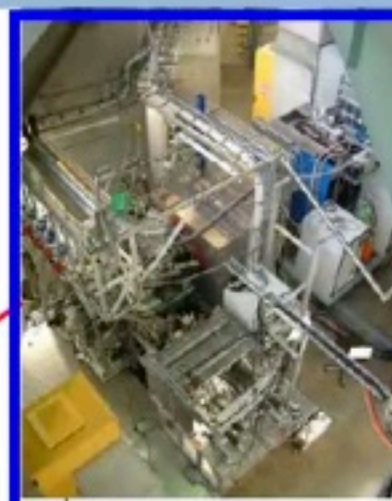
极高磁场

High Field μ SR,
9.5 T, 20 mK



质子加速器

590MeV
2.2 mA



LEM

Low-energy muon beam and instrument, tunable energy (0.5-30 keV, μ^+), thin-film, near-surface and multi-layer studies (1-300 nm)

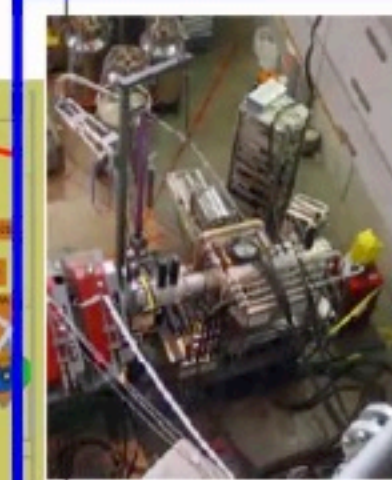
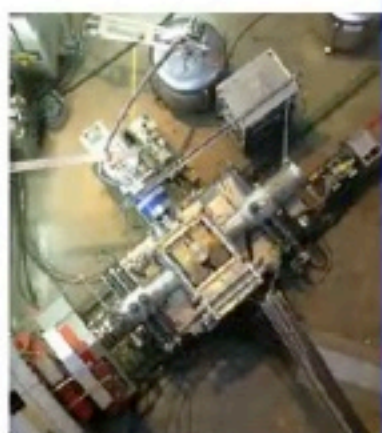
0.3 T,
2.5 K

极高分辨

GPS

General Purpose Surface Muon Instrument
Muon energy: 4.2 MeV (μ^+)

0.6 T, 1.8 K



DOLLY

General Purpose Surface Muon Instrument
Muon energy: 4.2 MeV (μ^+)

0.5 T
2 K (0.25K)

外延应力

Shared Beam Surface Muon Facility
(Muon On REquest)

LTF

Low Temperature Facility
Muon energy: 4.2 MeV (μ^+)

3 T,
20 mK- 4 K



GPD

General Purpose Decay Channel Instrument
Muon energy: 5 - 60 MeV (μ^+ or μ^-)

0.5 T,
300 mK
2.8 GPa

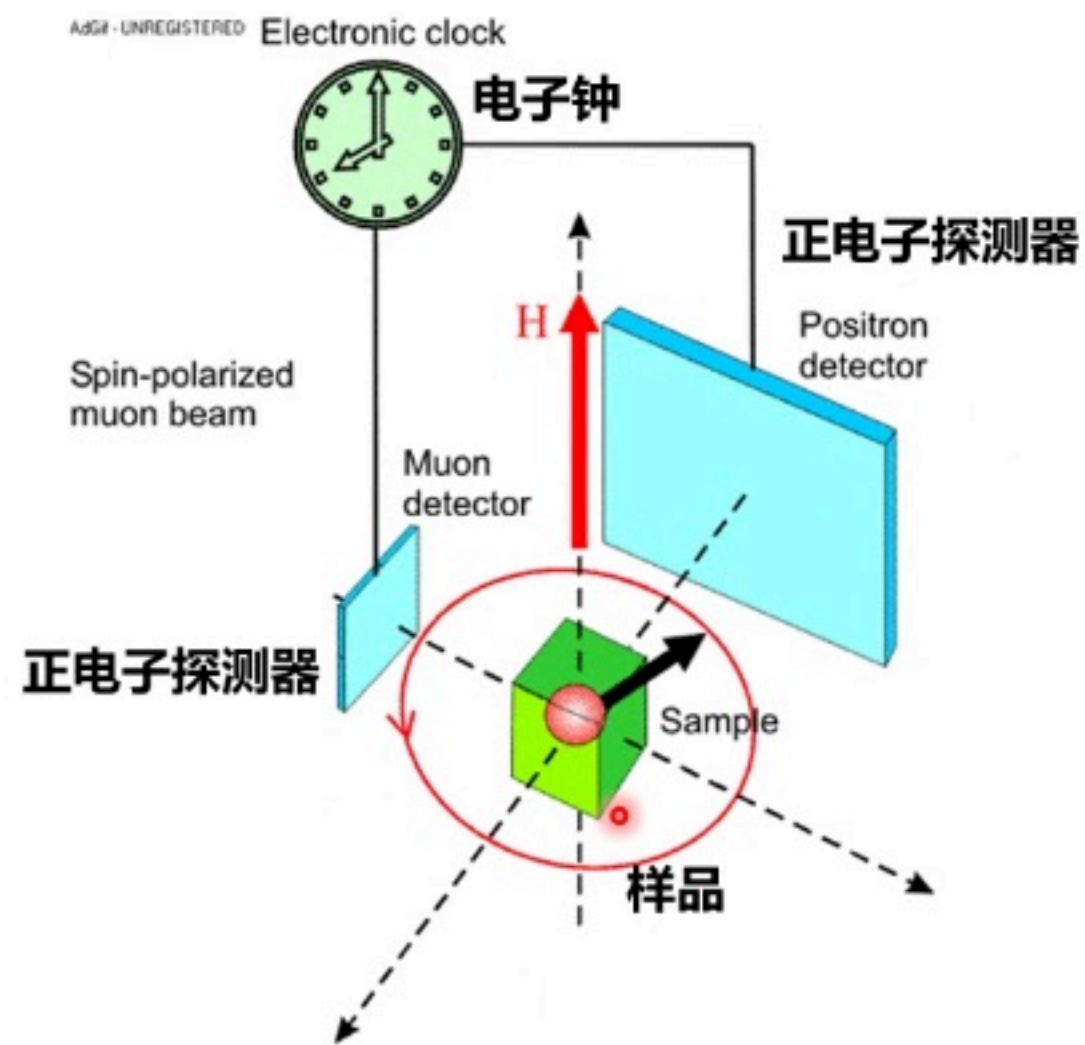
极高压力

极低温度

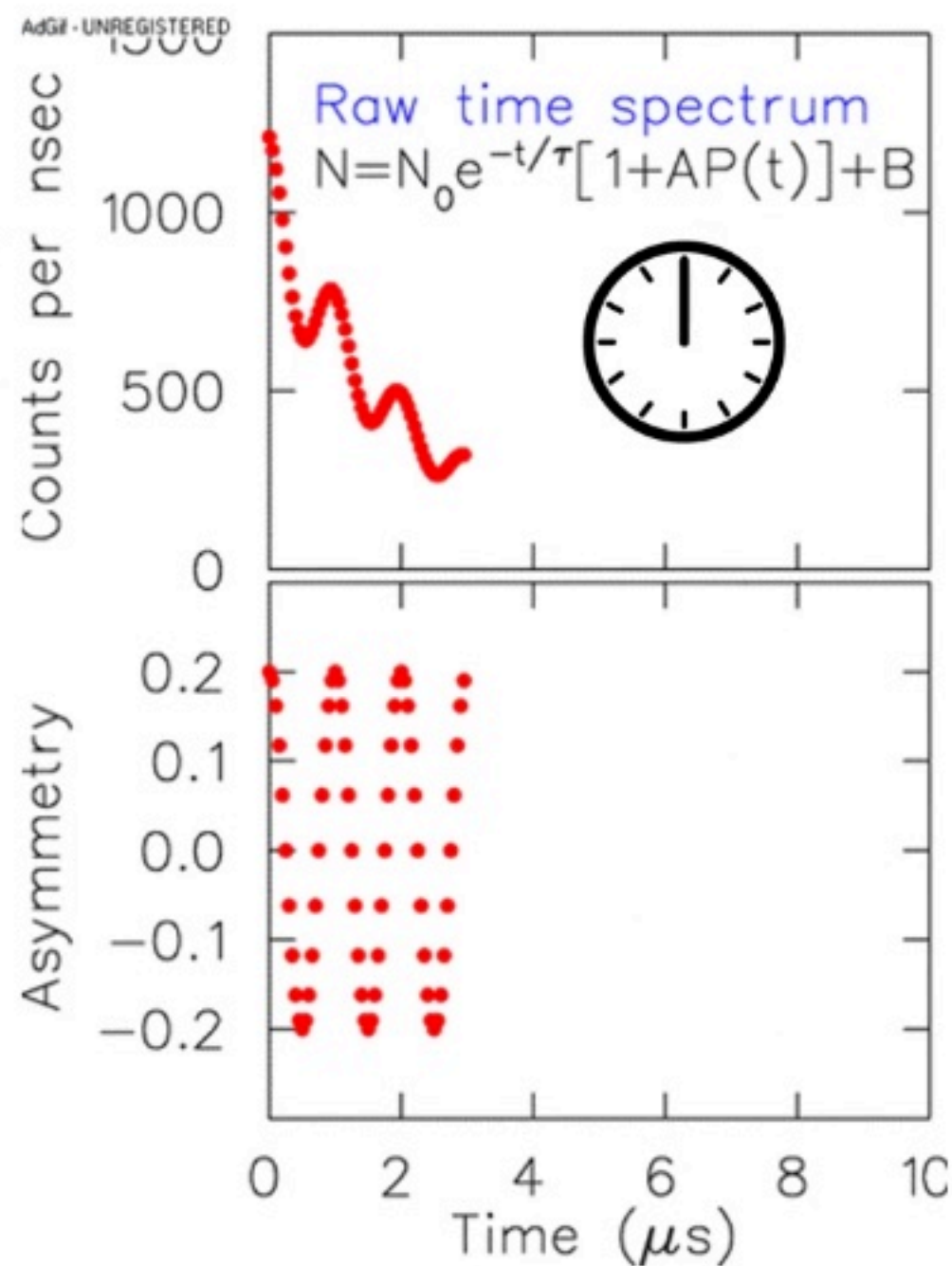
μ SR @ 瑞士缪子源 (PSI)



缪子技术：基本原理



正电子
数量



μ SR
谱线

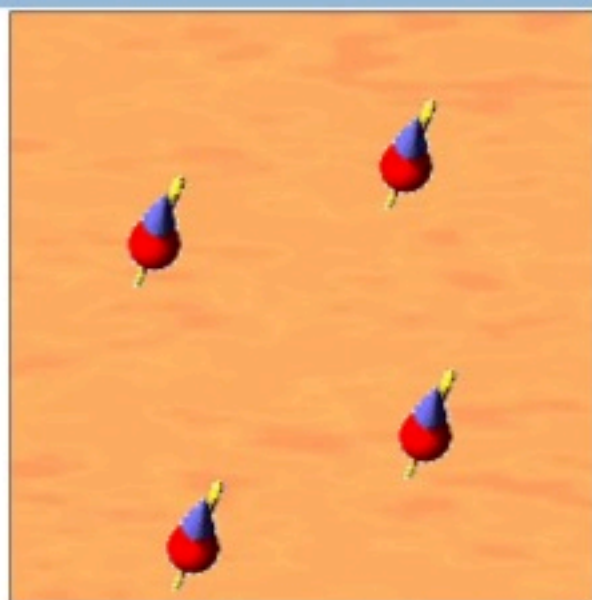


缪子技术：磁性材料



均匀的磁性材料

AFM、FM体等



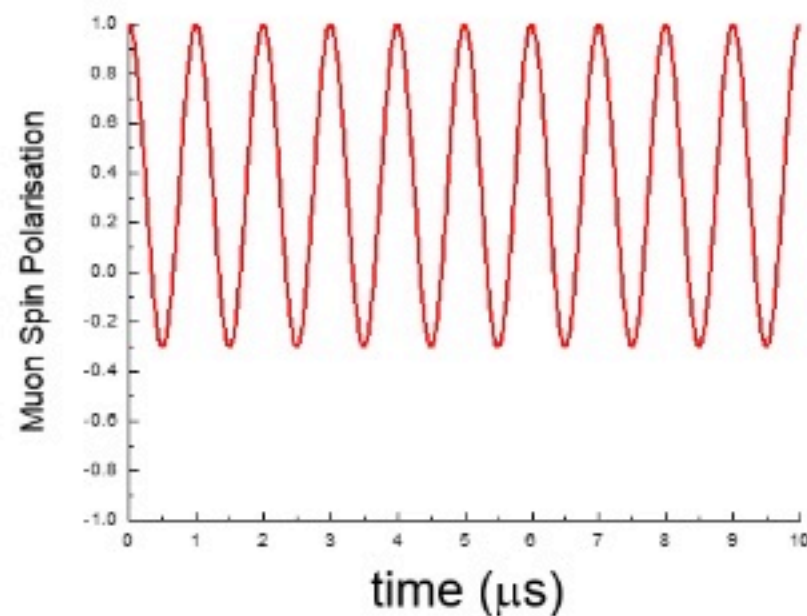
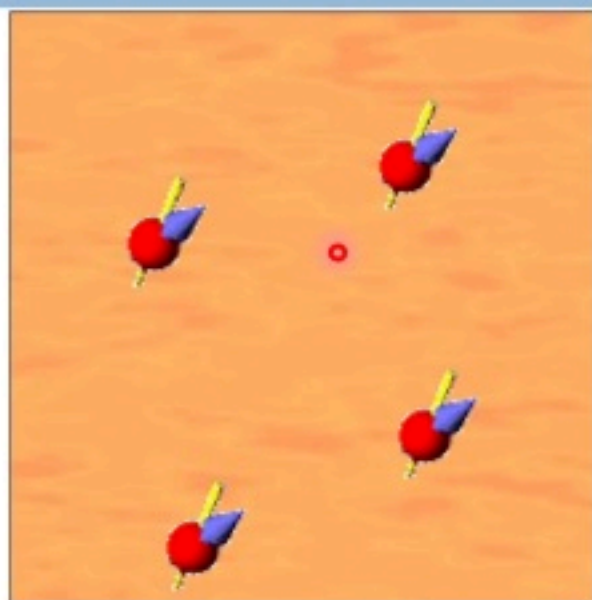


缪子技术：磁性材料



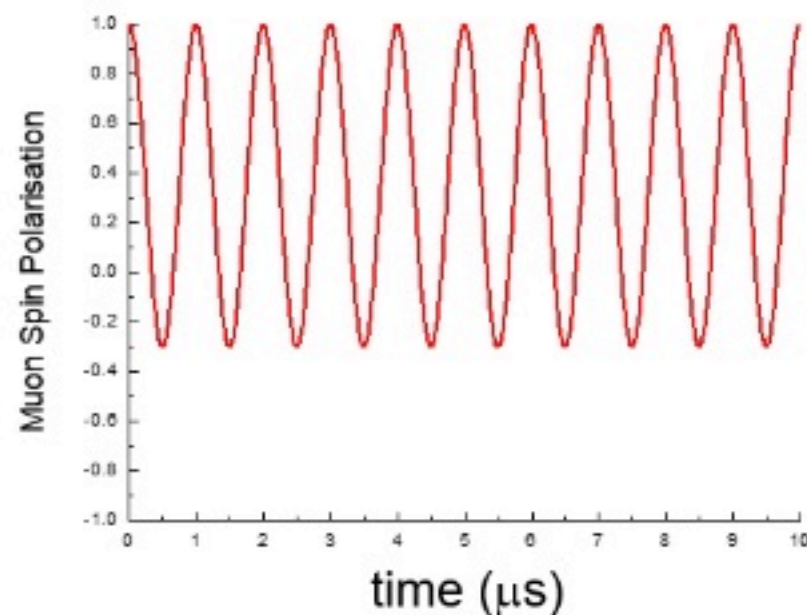
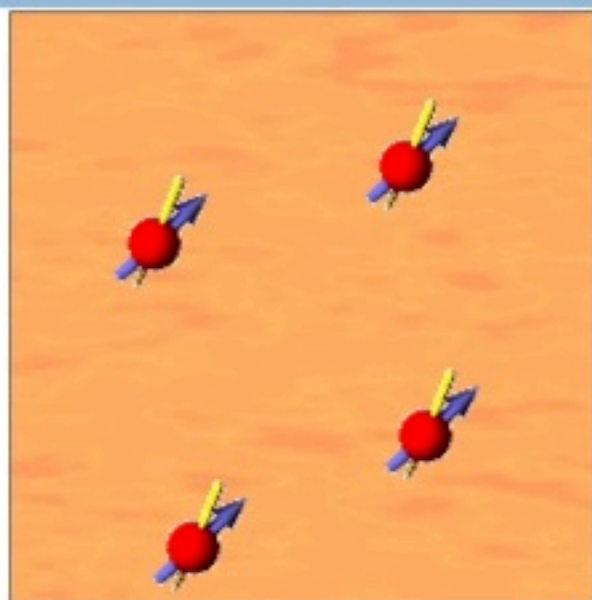
均匀的磁性材料

AFM、FM体等



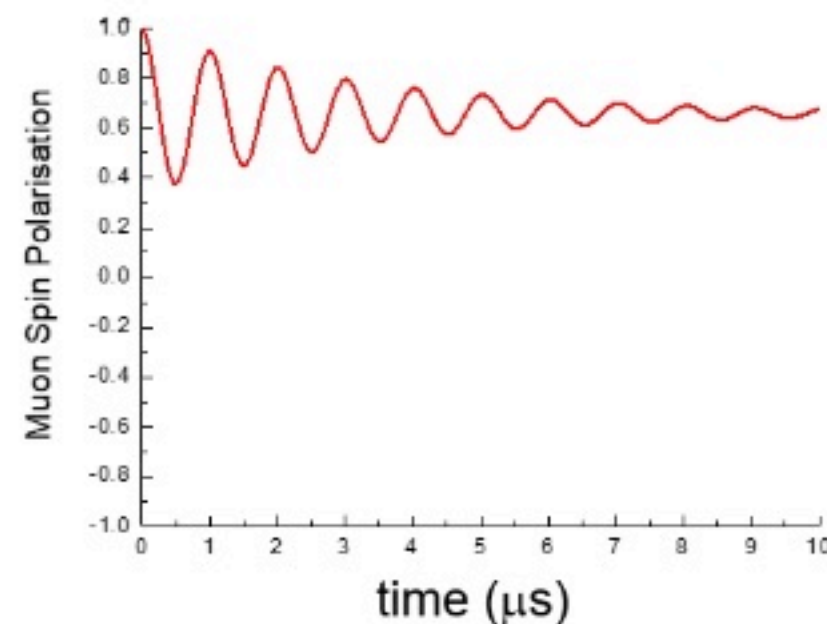
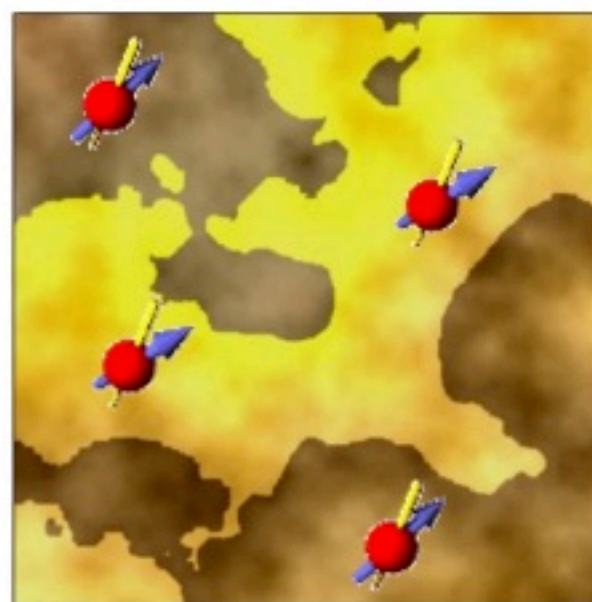
均匀的磁性材料

AFM、FM体等



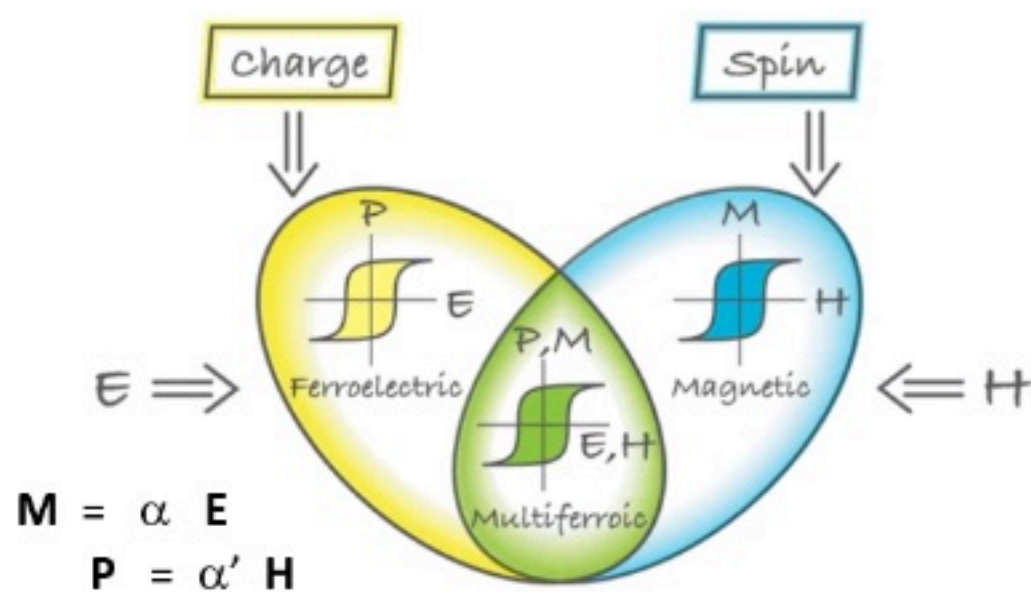
非均匀的磁性材料

AFM/PM、FM/PM
自旋玻璃等

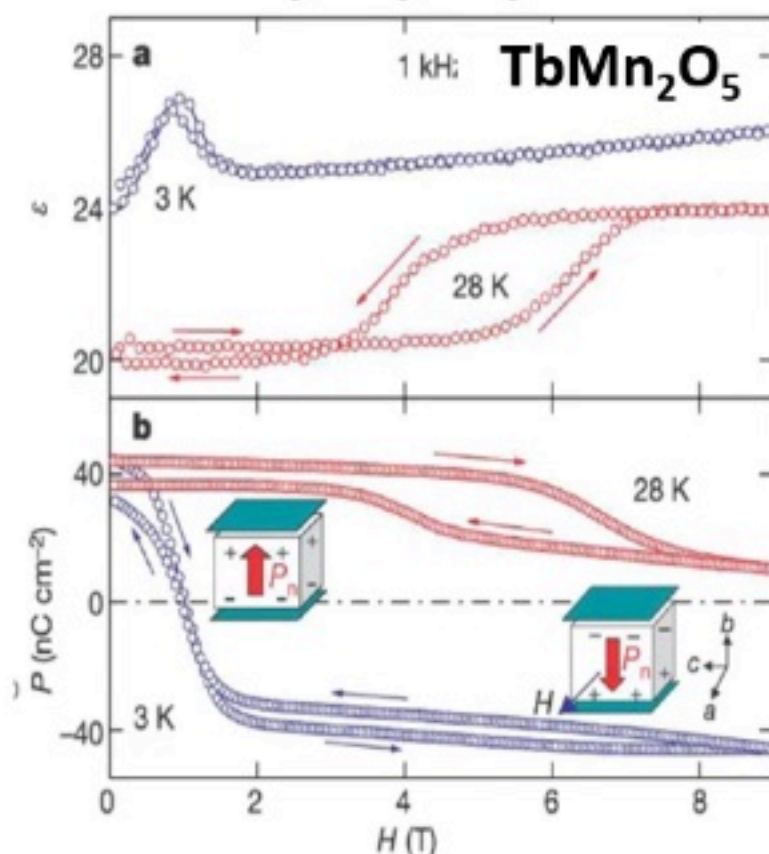


- 振幅 → 磁性体积分数 (magnetic volume fraction)
- 频率 → 局域的内磁场 (average local magnetic field)
- 阻尼 → 内在磁场分布/磁涨落 (magnetic field distribution/fluctuations)

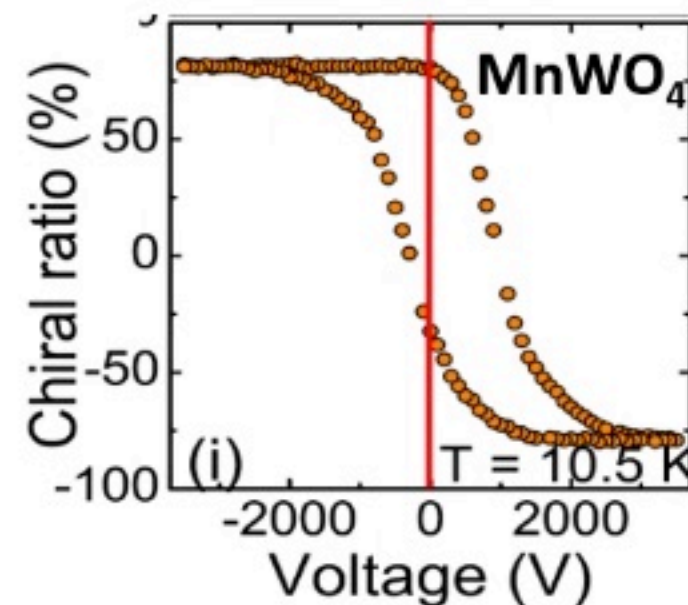
旋磁 (magnetic spiral) 材料是一类重要的多铁材料



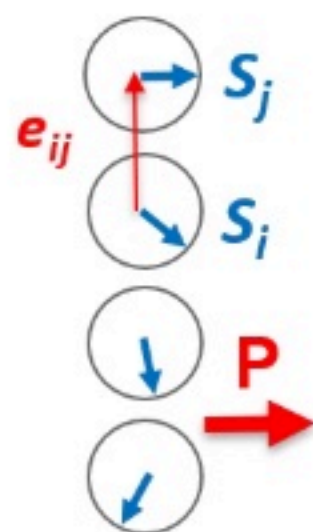
D. Khomskii. *Physics* 2, 20 (2009)



Cheong, *Nature* (2004)



Katsura et al. *PRL* 95, 057205 (2005)



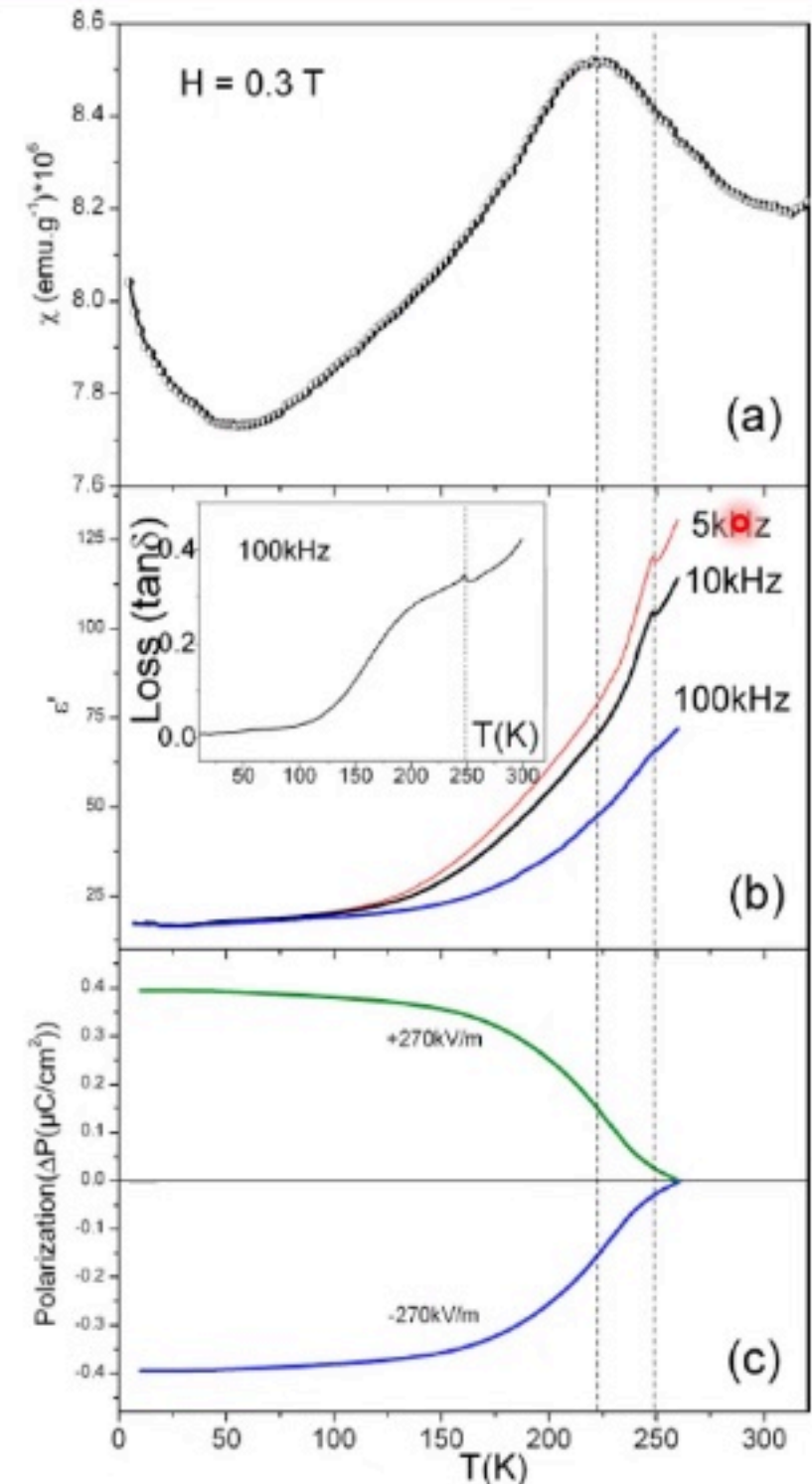
$$\vec{P} \propto \vec{e}_{ij} \times (\vec{S}_i \times \vec{S}_j)$$

Magnetic spirals : interesting but not perfect....

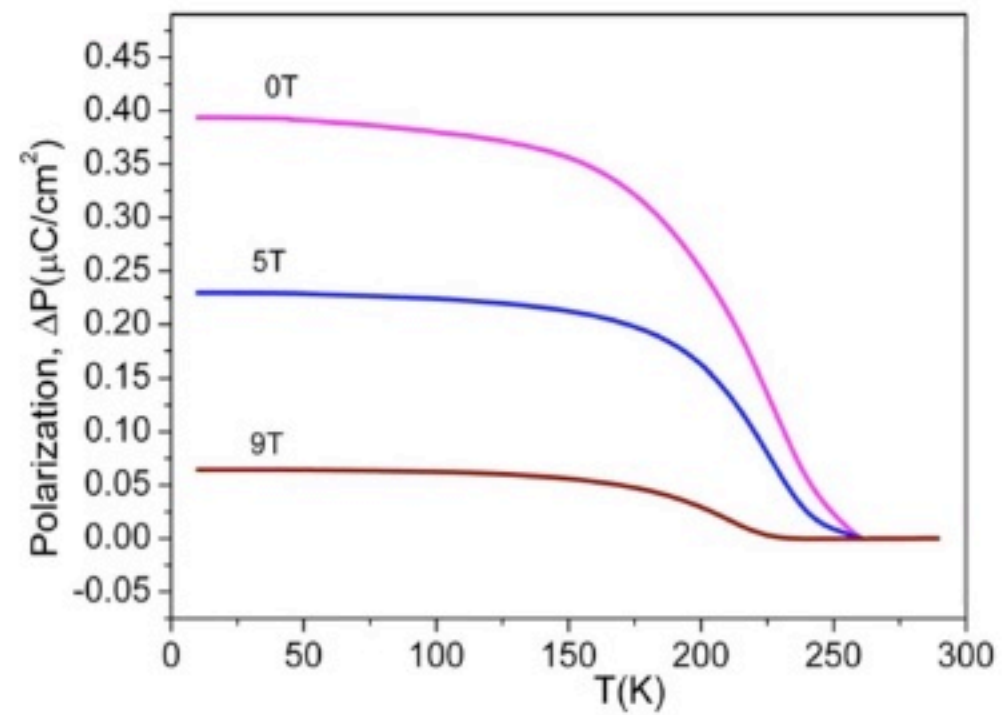
- ❑ 起源: 磁交换作用间的竞争
- ❑ 转变温度普遍较低 (一般低于 50 K) \rightarrow 不利于器件的应用

CuO (210K < T < 230K)

Kimura et al., *Nature Materials* 7, 291 (2008)



Spontaneous, switchable electric polarization and dielectric anomalies observed upon entering the magnetic phase at zero field

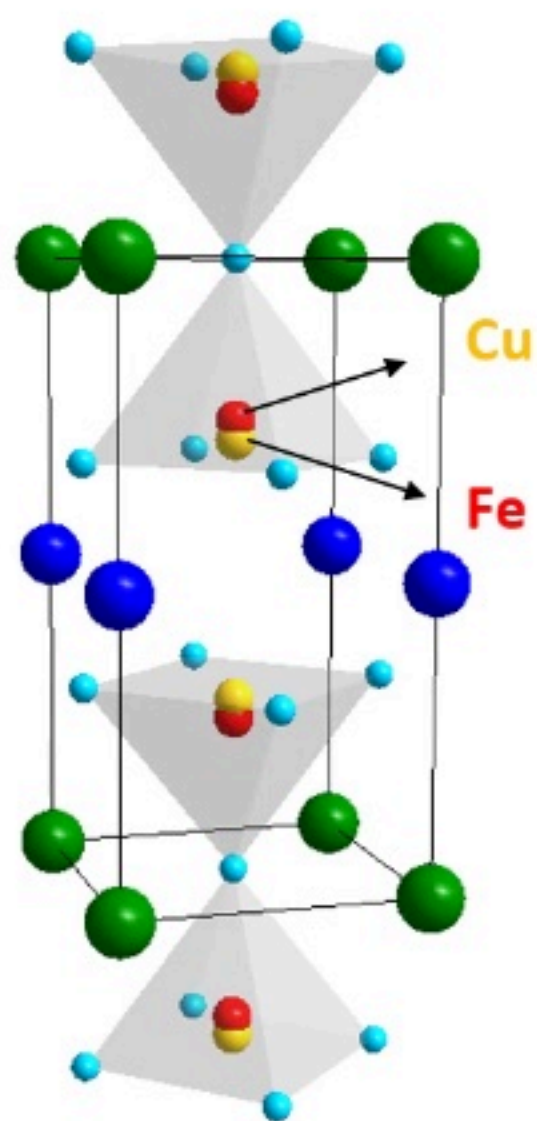


- TbMnO_3 0.080 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$
- CuO 0.015 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$
- $\text{CaMn}_7\text{O}_{12}$ 0.287 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$
- YBaCuFeO_5 0.5 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$**

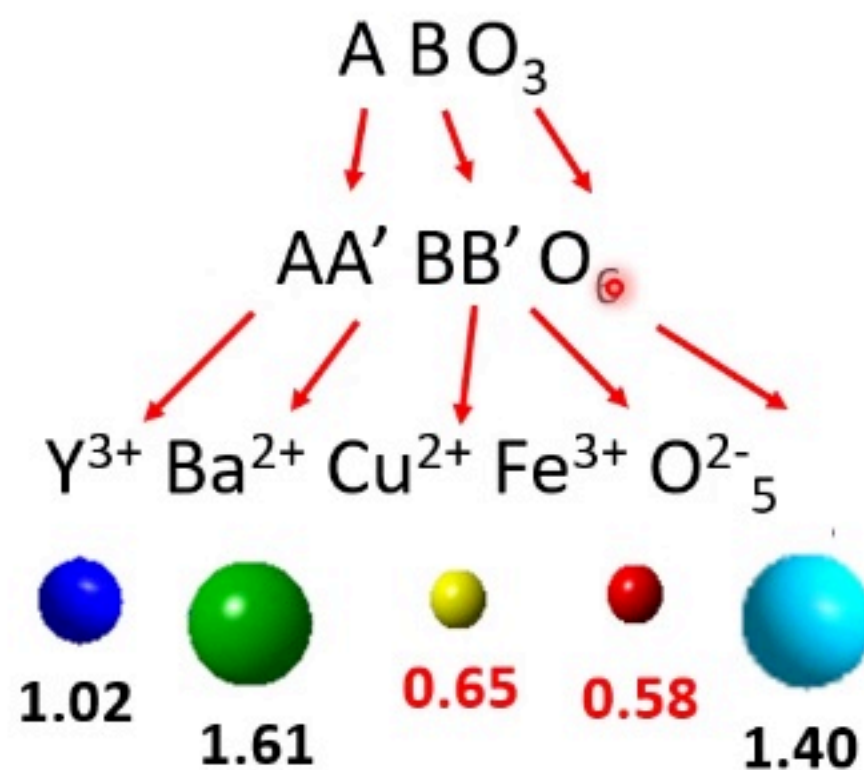
YBaCuFeO_5 : high- T multiferroic

Kundys, APL. (2009) and Kawamura, JPSJ (2010)

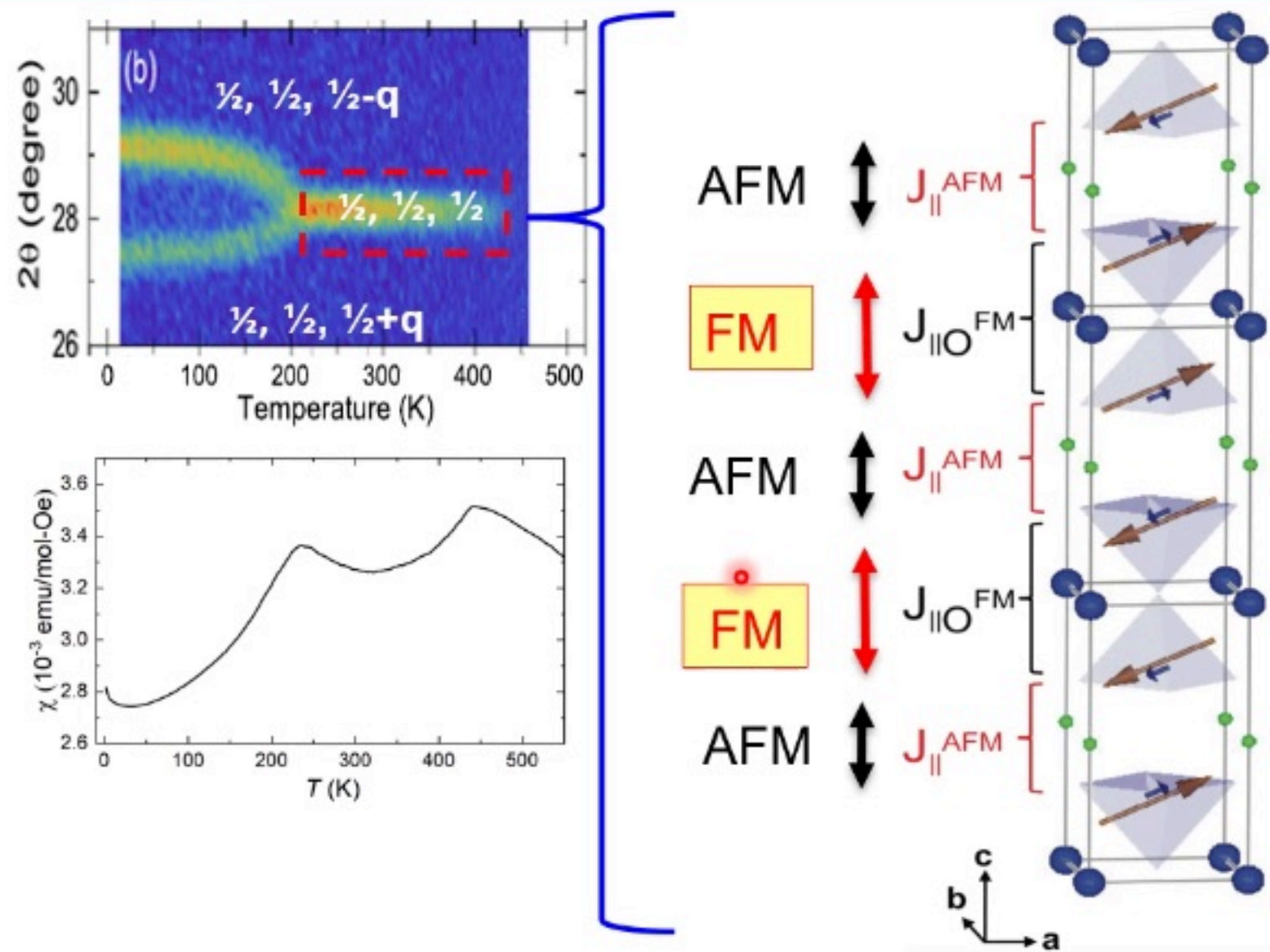
氧缺陷的双层钙钛矿材料



Space group: P4 mm



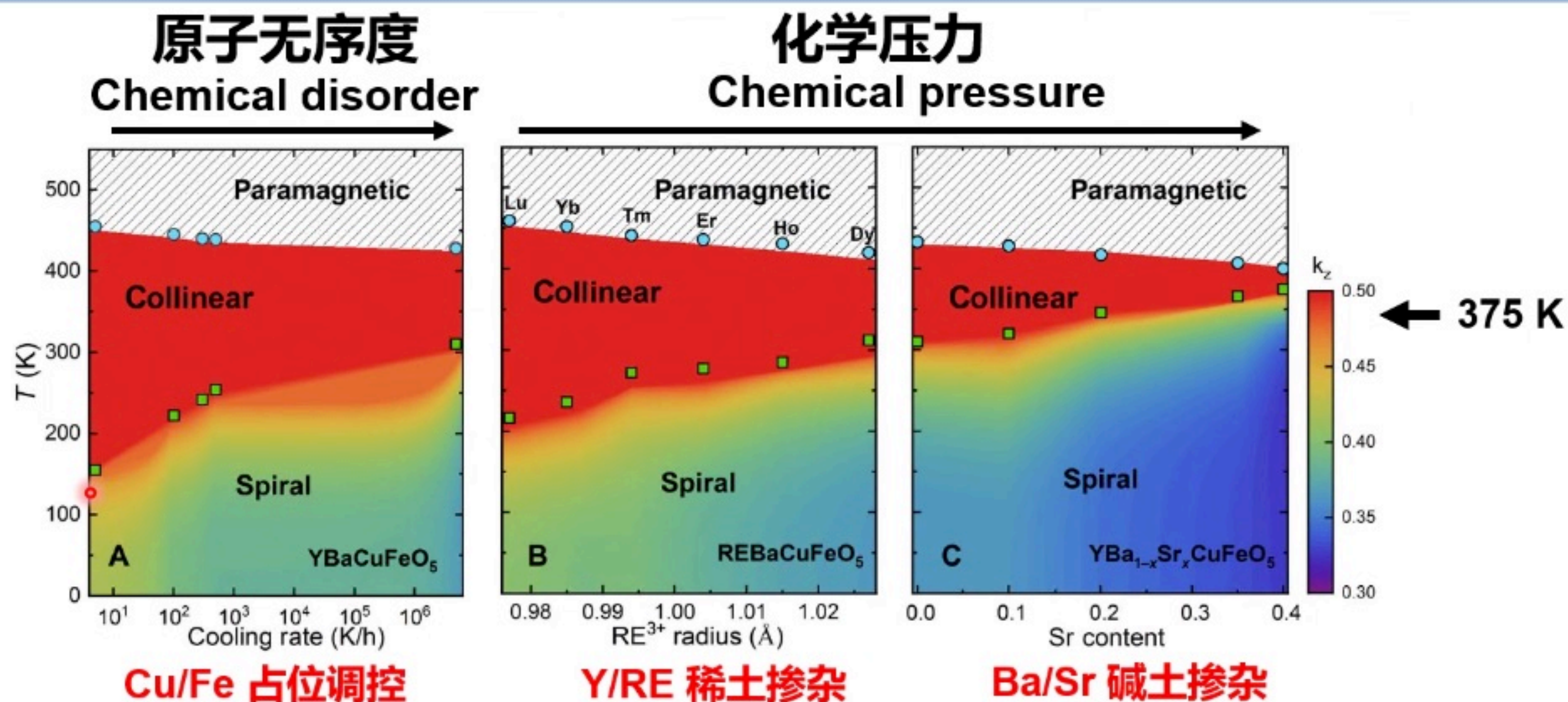
YBaCuFeO₅: 磁结构



$\mathbf{k} = (\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ Collinear



AA'CuFeO₅ : 旋磁材料



T. Shang, *Sci. Adv.* 4, eaau6386 (2018)

Magnetic spiral stabilized
FAR BEYOND RT (375 K ~ 102°C)
at zero magnetic field

Interactions in *ab*-plane:

- ❑ **AFM** and **strong** (~ 30 meV)
Independent of the Fe/Cu distribution

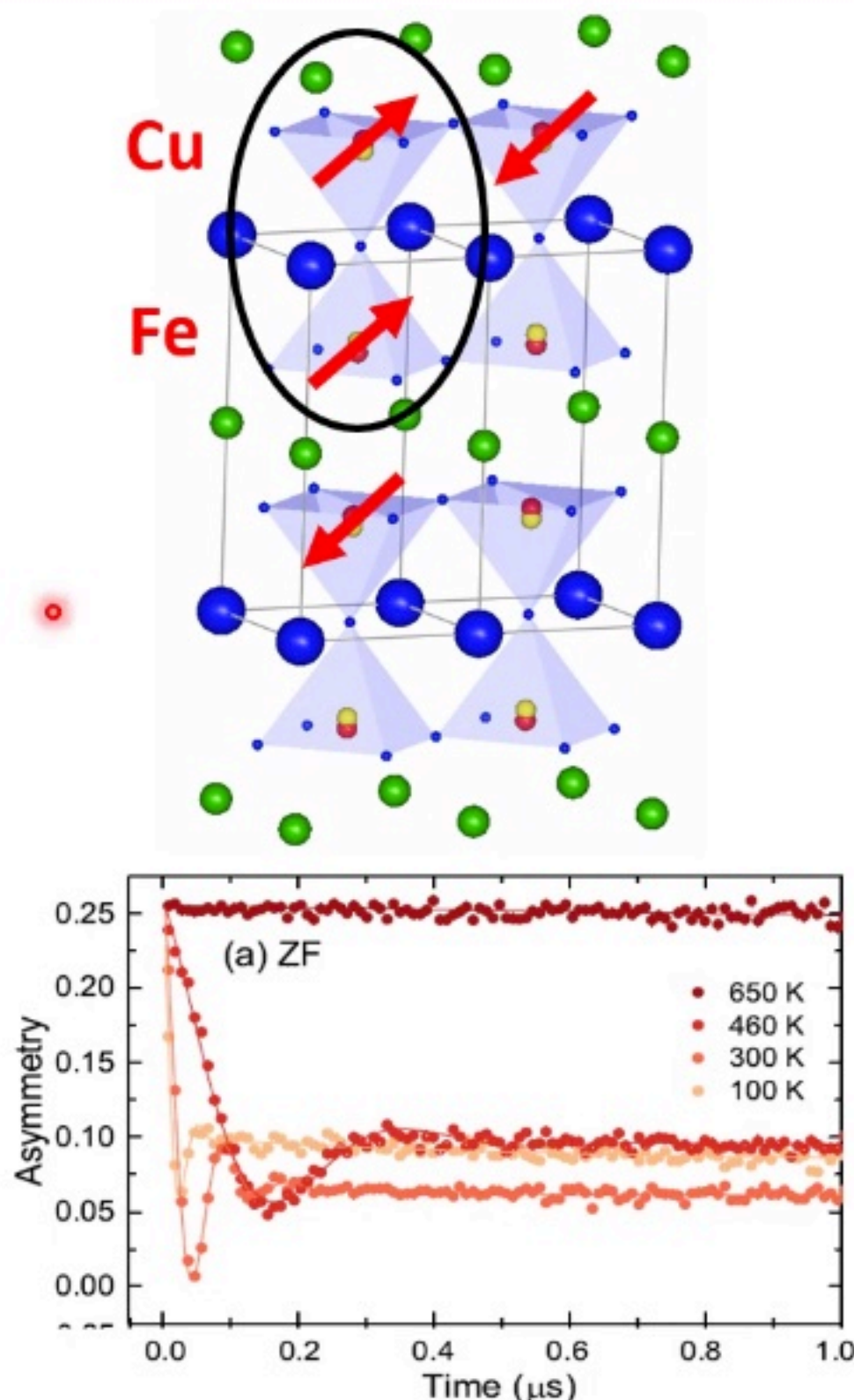
Along *c* (between bipyramids):

- ❑ **AFM** and **weak** (~ 5 meV)
Independent of the Fe/Cu distribution

Along *c* (in-bipyramids):

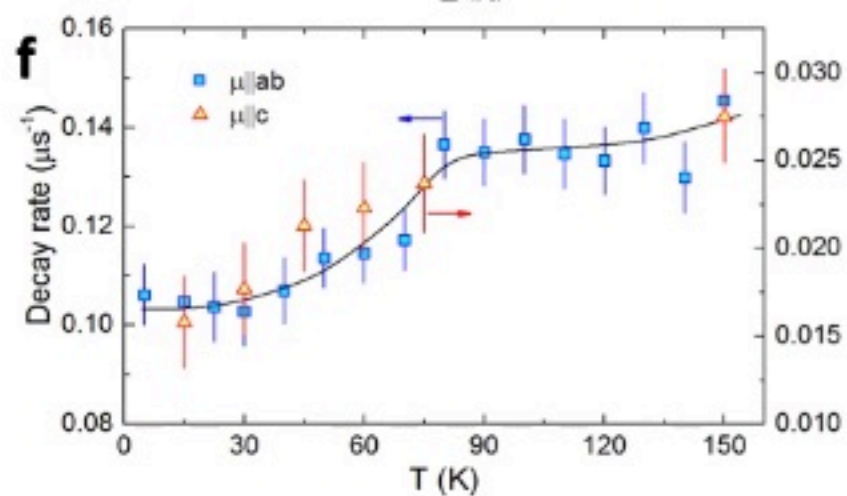
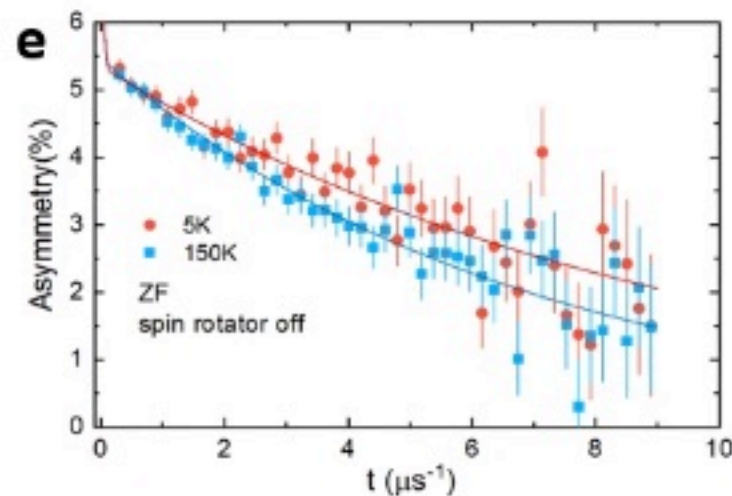
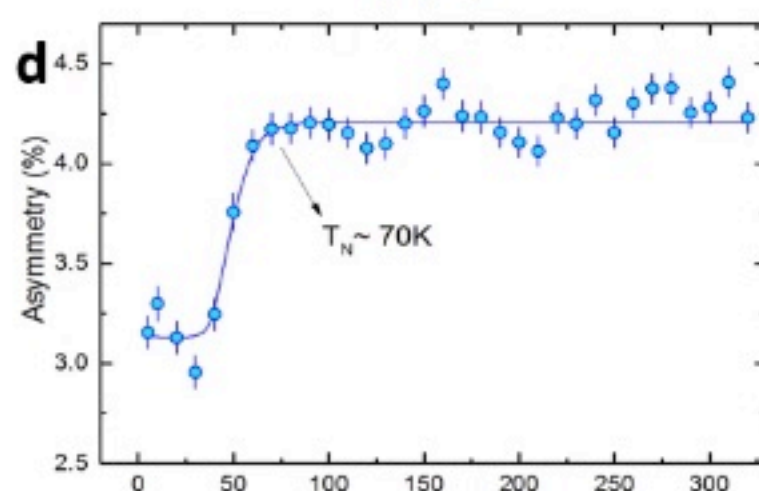
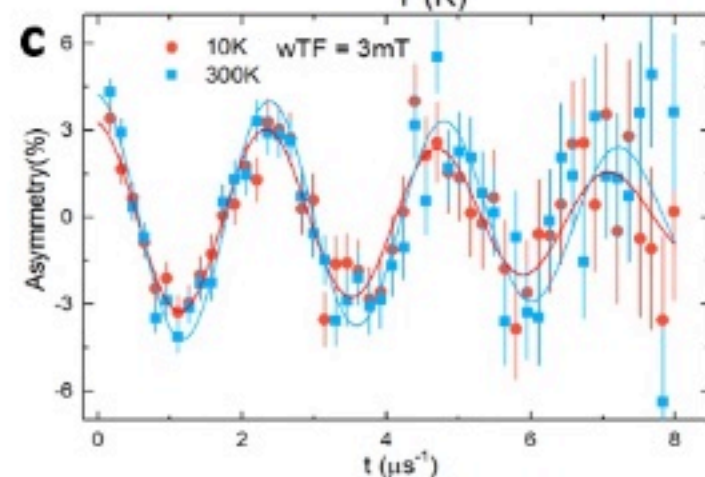
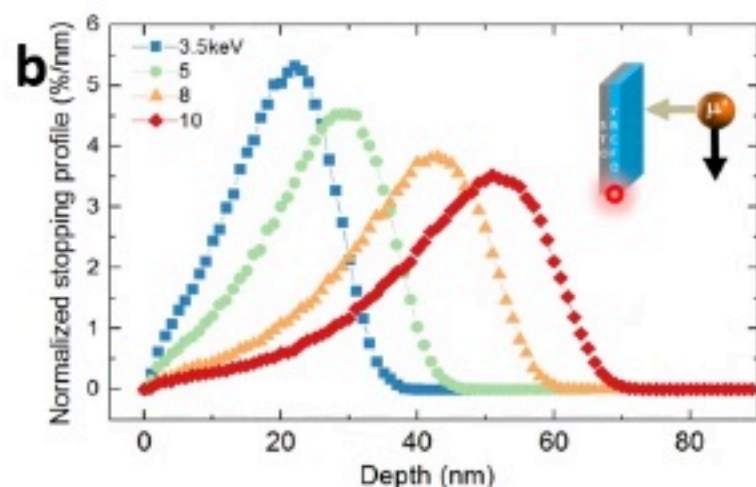
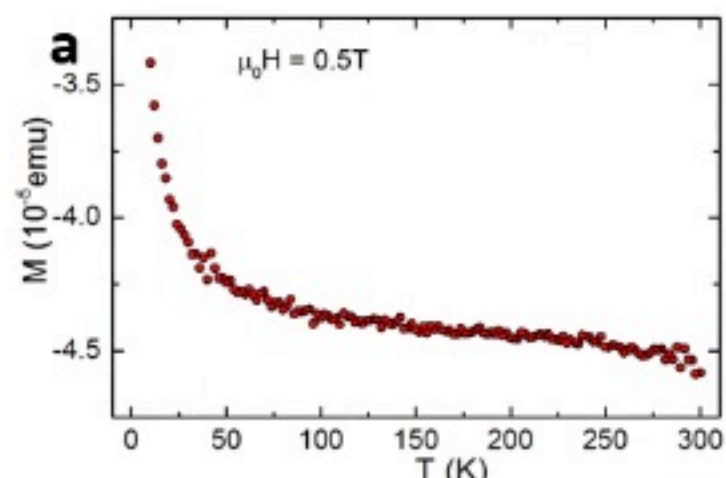
- ❑ Fe-Fe: **AFM strong** (~100 meV)
- ❑ Cu-Cu: **negligibly small** (< 0.2 meV)
- ❑ Fe-Cu: **FM weak** (~3 meV)

- ❑ **FM coupling in bowties only possible if occupied by disordered Fe/Cu “dimers”!**
- ❑ Probed by μ SR measurements!





YBaCuFeO₅: 薄膜



□ YBaCuFeO₅是AFM, 薄膜磁性较弱, 磁性转变无法通过常规测量手段表征

□ 通过低能 μ SR测量, 发现YBaCuFeO₅/STO薄膜的 $T_N = 70K$, 远低于块体材料

□ 薄膜中Cu/Fe有序度较高, O含量可能存在偏差



总结与展望



- 缪子技术具有**极高的灵敏度**，是研究微弱磁性强有力的实验手段。
- 缪子技术可以应用于多种不同的极端环境，包括**极高压、极低温、高磁场、应力**等。
- 利用缪子技术我们证明了YBaCuFeO₅中**Cu-Fe dimer**的存在。
- 利用低能缪子技术研究了**薄膜**YBaCuFeO₅的磁性行为。
- 通过调控**Cu/Fe无序度**和**晶格参数**，获得了较高转变温度的旋磁材料。
 - Full control of spiral properties
 - $\Delta T_{\text{spiral}} \sim 250\text{K}$, $T_{\text{spiral}} \sim 400\text{K} (127^\circ\text{C})$
- AA'CuFeO₅双层钙钛矿材料是潜在的高温磁电材料。
- 该材料体系的铁电极化性质亟待进一步的研究。
- 将块体材料的设计方案进一步扩展到薄膜材料。
- 中国缪子源正在筹建中，希望有更多的年轻学者加入到缪子的研究队伍中。



致谢



保罗谢尔研究所 (PSI)

- **史明**
- Ekaterina Pomjakushina
- Dariusz Gawryluk
- **Marisa Medarde**
- Marek Bartkowiak
- Muntaser Naamneh
- Milan Radovic
- Lukas Keller
- Denis Sheptyakov
- Jonathan White
- Markus Müller
- Christopher Mudry
- **Christopher Baines (LTF)**
- **Rustem Khasanov (GPD)**
- **Andreas Suter (LEM)**
- **Hubertus Luetkens (GPS)**
- **Zurab Guguchia (HAL)**
- **Alex Amato (S μ S)**
- **Toni Shiroka (DOLLY)**

苏黎世联邦理工 (ETHZ) 洛桑联邦理工 (EPFL)

- **Joel Mesot**
- Nicola Spaldin

英国肯特大学 (Unv. Kent)

- Sudeep Ghosh
- Jorge Quintanilla

苏黎世大学 (UZH)

- **J. Chang**

法国朗之万研究所 (ILL)

- Juan Rodriguez
- Teresa Fernández-Díaz

宾夕法尼亚州立大学 (PSU)

- 胡伦辉

浙江大学 (ZJU)

- Michael Smidman
- 曹光早
- **袁辉球**

宁波材料所 (NIMTE)

- 汪志明
- **李润伟**

物理所 (IOP)

- 石友国

香港城市大学 (CityU)

- 马均章

华东师范大学 (ECNU)

- 徐杨
- 詹清峰