费米实验室大事记

■ 1967

美国国家加速器实验室获批

■ 1972

主环实现200 GeV设计能量

观测到高能中微子相互作用(促成技术:中微子束流产生;大规模探测器)

■ 1977

E288发现b夸克(400 GeV高亮度加速器)

1977年,费米实验室的物理学家及诺贝尔奖获得者利德曼(L. Ledeman)首次提出了底夸克存在的证据,这是被称之为标准模型的理论框架的重要组成部分。

合作组采用固定靶实验观测到一种粒子并将其命名为Y,该粒子是由一种之前没有发现的夸克(底夸克)及它的反粒子(反底夸克)组成。底夸克随即成为已发现的粒子中最重的亚核粒子,质量是质子的10倍。

布鲁克海文国家实验室和SLAC国家加速器实验室的科学家已于1974年发现由粲夸克及其反粒子(反粲夸克)组成的粒子。底夸克的发现为所有物质都是由夸克组成的理论提供了重要依据。

中微子疗法用于癌症治疗(次级中微子束;医学放射线的使用)

■ 1981

强子产生过程中观测到粲夸克(高能质子束流;硅-顶角探测器;触发处理器)

■ 1983

Tevatron创下512GeV能量记录(超导线缆和磁体制造;世界最大的低温装置)

■ 1985

Tevatron第一次质子反质子对撞(锂透镜;反质子冷却技术;低-β聚焦四极透镜)

测量奇超子的磁矩(带电及中性超子束流产生)

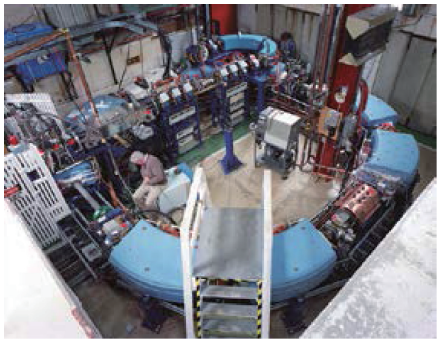
K介子衰变中的CP破坏(中性K介子强束流;精密电磁量能器)

1999年2月24日,费米实验室KTeV合作组的科学家宣布发现能够证实K介子(包含一个奇夸克的粒子)衰变中存在CP破坏的实验证据。该观测是理解宇宙为什么主要是由物质构成,而反物质在宇宙演化初期消失的重要一步。

当被称之为K介子的特定亚原子粒子发生衰变时,它们分解为带电π粒子、中微子、电子或它的反粒子——正电子。CP守恒时,这些衰变过程产生的电子和正电子数相等。但是科学家发现这类过程实际上似乎更倾向于衰变为电子。这就为CP破坏导致物质超过反物质的假说提供了证据。如果在早期宇宙中也出现了这种情况,那么所有的正电子都会在遇到电子时发生湮灭。但是在所有正电子消失之后,还会有一些物质剩余下来。

这一结果为CP破坏导致万物存在的理论提供

了重要依据。但是该过程的产物——即由K介子衰变产生的额外物质——太少而不足以实现整个构想。观测到的差别远达不到解释宇宙中不对称性的量级，这也是科学家为什么如此热衷于在其他领域(例如中微子)观测CP破坏的原因。



■ 1990

在Loma Linda大学医疗中心演示质子疗法(回旋加速器设计及质子束流提取)

■ 1991

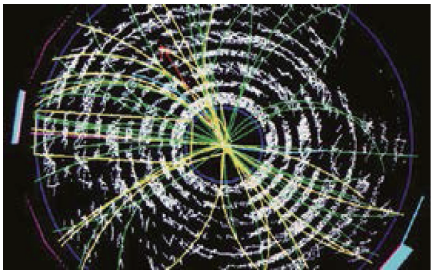
利用固定靶实验探测b衰变(感光靶；下游粒子探测器)

■ 1995

CDF和D0发现顶夸克(闪烁纤维和硅顶点探测器；Tevatron技术)

1995年3月2日，费米实验室的科学家宣布在CDF和DZero上发现顶夸克，这是当前科学理论预言存在的六种夸克中唯一未被发现的一种。1977年，从费米实验室宣布发现底夸克开始，全世界范围内的科学家就一直在搜寻顶夸克的存在。利用Tevatron的质子束流，物理学家发现顶夸克具有与金原子相同的质量，但是大小却比一个质子还要小。

其他合作组陆续开展了对顶夸克质量的高精度测量。通过对粒子质量进行精确测量，粒子物理学家们可以验证他们提出的粒子模型的正确性和准确性。同时，如此高精度的确定顶夸克质量使物理学家们能够专注于未发现的希格斯玻色子质量，这是粒子物理理论框架中至关重要的一个部分。



■ 1996

美国同意支持建造LHC加速器和探测器

■ 1998

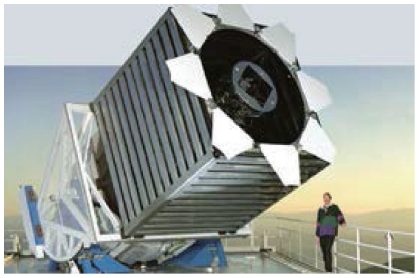
发现和测量Bs介子(强子对撞机中第一代硅顶点探测器)

斯隆数字巡天观测到第一缕光(费米实验室建造数字采集系统及其他系统).

2000年4月13日，斯隆数字巡天合作组(SDSS)宣布发现迄今为止观测到的最远的天体——一个距离地球270亿光年红移量5.8的类星体。SDSS合作组最终将巡视10000平方度，或四分之一天区，以及2亿天体。费米实验室的科学家参与了该项目中大量数据的处理和分析工作，这些天体物理方面的研究填补了费米实验室关于宇宙的结构和演化方面探索的空白。

1993，费米实验室的物理学家提出建造世界最大的宇宙线探测器——Pierre Auger天文台——用以揭示高能宇宙线的起源。在之前的研究中，研究人员认为宇宙线均匀的从各个方向随机到达地球。但是，2007年，Pierre Auger的研究者宣称撞击地球的大部分高能宇宙线通常来自于活跃星系核的方向。

许多大星系，包括我们的银河系，中心都包含有超大质量黑洞。虽然大部分黑洞都在星系核中安静的存在了几十亿年，但是一旦星系中的黑洞碰巧被气流和星体包围并不断接收气流和星体，就会产生所谓的活跃星系核。一个活跃星系核会释放出高能射线，这些高能射线可由地球上的射电，X射线和γ射线望远镜进行观测。



■ 1999

主注入器投入使用

■ 2000

DONUT直接观测到τ中微子(感光顶点探测器;极短基线中微子束流)

2000年7月21日费米实验室的DONUT合作组(又称ν_τ合作组)宣布首次直接观测到了名为τ中微子的亚原子粒子(粒子物理中已知的第三类中微子)。

尽管更早的实验已经直接证实了τ中微子的存在,但是并没有直接观测到该粒子,它是一种不带电的几乎无质量的粒子,基本上不与周围物质发生相互作用。

合作组报道了12个中微子与原子核作用产生带电粒子(τ轻子)的事例,这是τ中微子产生的标志。为了观测到这些事例,他们将费米实验室的强中微子束流对准并穿过3英尺长的靶,该靶由两层铁片夹感光乳剂制成,类似于照片底片,记录了粒子的相互作用。在靶内,一兆分之一的τ中微子与一个铁原子核发生相互作用,产生一个τ轻子,该过程在感光乳剂中留下一条1毫米长的轨迹。物理学家需要三年左右的艰苦努力去证实这些轨迹所暗示的τ轻子及其衰变过程,关键是揭示τ中微子的神秘存在。

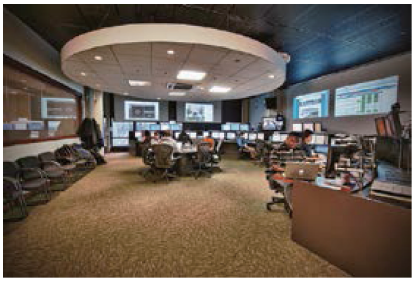
■ 2006

低温暗物质研究为暗物质提供新的约束(费米实验室提供探测技术和项目管理)

MINOS开始中微子观测(来自主注入器的长基线中微子束流;远近探测器)

■ 2007

费米实验室CMS遥控中心和LHC物理中心投入使用



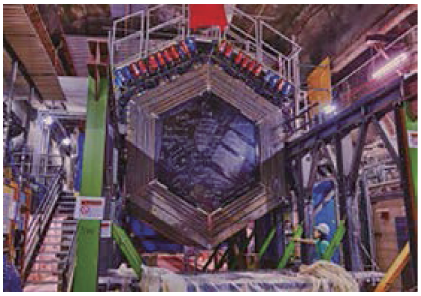
■ 2008

CERN的LHC开始运行(低β四极透镜;费米实验室提供探测器专家支持)

用于地下粒子物理探测的芝加哥天文台开始第一个暗物质研究(泡室技术)

■ 2009

Tevatron单–顶夸克产生(多变量技术;计算机群)



■ 2010

MINERvA开始运行(细粒度闪烁体计数器;短基线中微子束流)

■ 2012

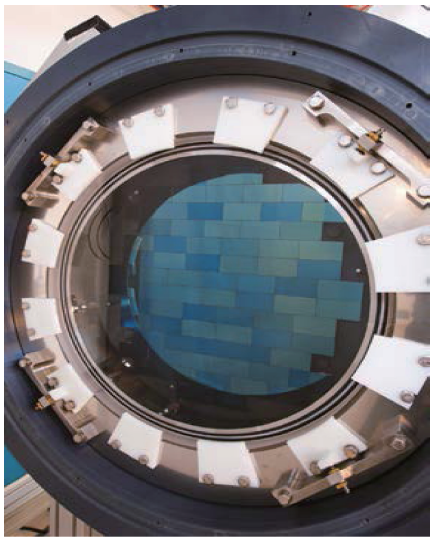
暗能量搜寻开始(费米实验室主导建造世界最大的用于天体物理学的CCD摄像机——DECam)

1998年,通过对宇宙中遥远超新星加速膨胀的观测,科学家首次发现暗能量存在的证据。他们期待能够发现由引力导致的减缓膨胀速度。但是观测到的结果截然相反,这促使他们重新提出了另一种使宇宙不断分离的力。

费米实验室的研究人员发明了一种能够验证斯隆数字巡天结果的方法。通过SDSS,科学家能够对大型星系团进行观测并将它们与宇宙微波背景辐射的涨落联系起来,这些涨落由名为WMAP的独立卫星绘制而成。宇宙微波背景为天体物理学家描绘了一幅30万年前大爆炸之后的宇宙图

像。宇宙中的天体以粒子和能量聚集区的形式在宇宙微波背景中留下印记。可以把这些热点想象为当把一张坐了很多年的沙发挪到另一个房间时，原来的旧地毯上留下的干净区域。SDSS对来自于背景热点的折射光或者说地毯上的光斑进行测量，因为它曾被前景星系团或者说家具覆盖过。基于这些研究，科学家们推断出宇宙的加速膨胀是真实的。

科学家比较了留在宇宙微波背景中热点的强度和SDSS观测到的星系团的位置和大小，以确定宇宙从大爆炸后极短的时间内到当前时期究竟是如何膨胀的。实验证实宇宙正在加速膨胀中。这一发现为暗能量的存在提供了独立的确凿证据。



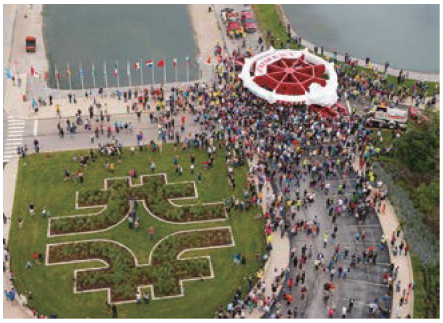
CDF和D0精细测量W粒子和顶夸克质量(世界上第一个永磁体加速器；移动堆栈技术；电子透镜；反质子回收器)

费米实验室分担LHC的Higgs玻色子观测任务

费米实验室的科学家在发现这一神秘粒子的众多关键步骤中发挥了重要作用。理论部的研究人员提出新的观点和模型，Tevatron的研究人员建立并运行实验，这些为希格斯玻色子的产生提供了证据，参与CERN CMS实验的建造和运行，促使了LHC的发现，并为CMS的数据分析提供了计算机和知识引导。

■ 2013

从布鲁克海文运来的用于μ子g-2实验的磁铁顺利抵达



■ 2014

μ2e实验获批(强辐射场内运行的超导螺线管)

NOvA实验开始数据采集(大功率长基线中微子束流线；液体闪烁体探测器)

美国CMS升级项目获批(项目管理；技术性基础设施；探测器专家支持)

■ 2015

CERN和美国就HL-LHC和中微子项目签署合作协议(大功率低β四极透镜；大型液氩中微子探测器)

MicroBooNE开始运行(大型液氩中微子探测器)

■ 2016

南极望远镜改进CMB研究(费米实验室负责探测器低温恒温器)

■ 2017

从CERN运来的ICARUS低温恒温器顺利抵达(与SBND和Micro-BooNE一起共同用于短基线中微子项目)

主注入器中微子束流功率达到700W