

# Открытие тау-лептона

Трофимов Леонид. М23-114.	Открытие тау-лептона	МИФИ. 02.12.24	1
---------------------------	----------------------	----------------	---

# Оглавление

1. Историческая часть. Предпосылки.

2. Устройство эксперимента.

3. Полученные результаты.

Трофимов Леонид. М23-114.	Открытие тау-лептона	МИФИ. 02.12.24	2
---------------------------	----------------------	----------------	---

# Историческая часть. Открытия в ФЭЧ

1897: электрон

1919: Протон

1932: Нейтрон

1936: Мюон

1956: Электронное нейтрино

1968: u, d, s кварки

1974: c-кварк

**1975: тау-лептон**

1977: b-кварк

1995: t-кварк

2000: тау-нейтрино

Существует ли третий  
заряженный лептон?

# Историческая часть. Открытия в ФЭЧ

1897: электрон

1919: Протон

1932: Нейтрон

1936: Мюон

1956: Электронное нейтрино

1968: u, d, s кварки

1974: c-кварк

**1975: тау-лептон**

1977: b-кварк

1995: t-кварк

2000: тау-нейтрино

## А. Лептонные моды распада

$$l^- \rightarrow \mu^- + \nu_l + \bar{\nu}_\mu \quad l^+ \rightarrow \mu^+ + \bar{\nu}_l + \nu_\mu$$

## В. Распад через пионы

$$l^- \rightarrow \nu_l + \pi^- \quad l^+ \rightarrow \bar{\nu}_l + \pi^+$$

## С. Распад через каоны

$$l^- \rightarrow K^- + \nu_l$$

## Д. Распад через $\rho$ мезоны

$$l^- \rightarrow \rho^- + \nu_l$$

# Экспериментальная проверка

Первая попытка:

$$e^- + A \rightarrow \gamma + \dots$$

$$\gamma + A \rightarrow l^+ + l^- + \dots$$

Вторая попытка:

$$\mu^- + p \rightarrow \mu^- + \text{hadrons}$$

$$e^- + p \rightarrow e^- + \text{hadrons}$$

Третья попытка:

$$e^- + e^+ \rightarrow l^- + l^+$$

$$l^- \rightarrow \mu^- + \nu_l + \bar{\nu}_\mu$$

$$l^+ \rightarrow \mu^+ + \bar{\nu}_l + \nu_\mu$$

# Экспериментальная проверка

## Evidence for Anomalous Lepton Production in $e^+e^-$ Annihilation\*

M. L. Perl, G. S. Abrams, A. M. Boyarski, M. Breidenbach, D. D. Briggs, F. Bulos, W. Chinowsky, J. T. Dakin,† G. J. Feldman, C. E. Friedberg, D. Fryberger, G. Goldhaber, G. Hanson, F. B. Heile, B. Jean-Marie, J. A. Kadyk, R. R. Larsen, A. M. Litke, D. Lüke,‡ B. A. Lulu, V. Lüth, D. Lyon, C. C. Morehouse, J. M. Paterson, F. M. Pierre,§ T. P. Pun, P. A. Rapidis, B. Richter, B. Sadoulet, R. F. Schwitters, W. Tanenbaum, G. H. Trilling, F. Vannucci,|| J. S. Whitaker, F. C. Winkelmann, and J. E. Wiss

*Lawrence Berkeley Laboratory and Department of Physics, University of California, Berkeley, California 94720, and Stanford Linear Accelerator Center, Stanford University, Stanford, California 94305*

(Received 18 August 1975)

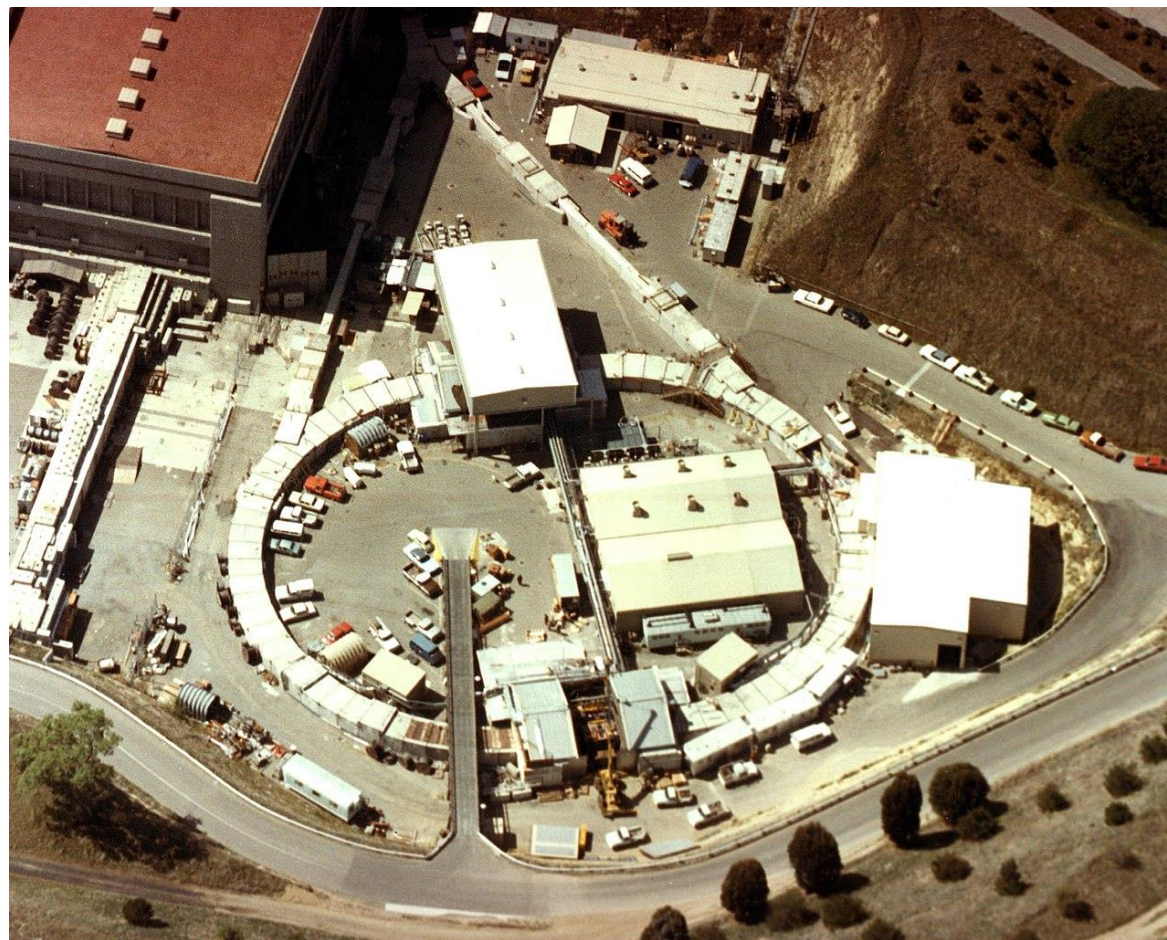
We have found events of the form  $e^+ + e^- \rightarrow e^\pm + \mu^\mp +$  missing energy, in which no other charged particles or photons are detected. Most of these events are detected at or above a center-of-mass energy of 4 GeV. The missing-energy and missing-momentum spectra require that at least two additional particles be produced in each event. We have no conventional explanation for these events.

# Устройство эксперимента

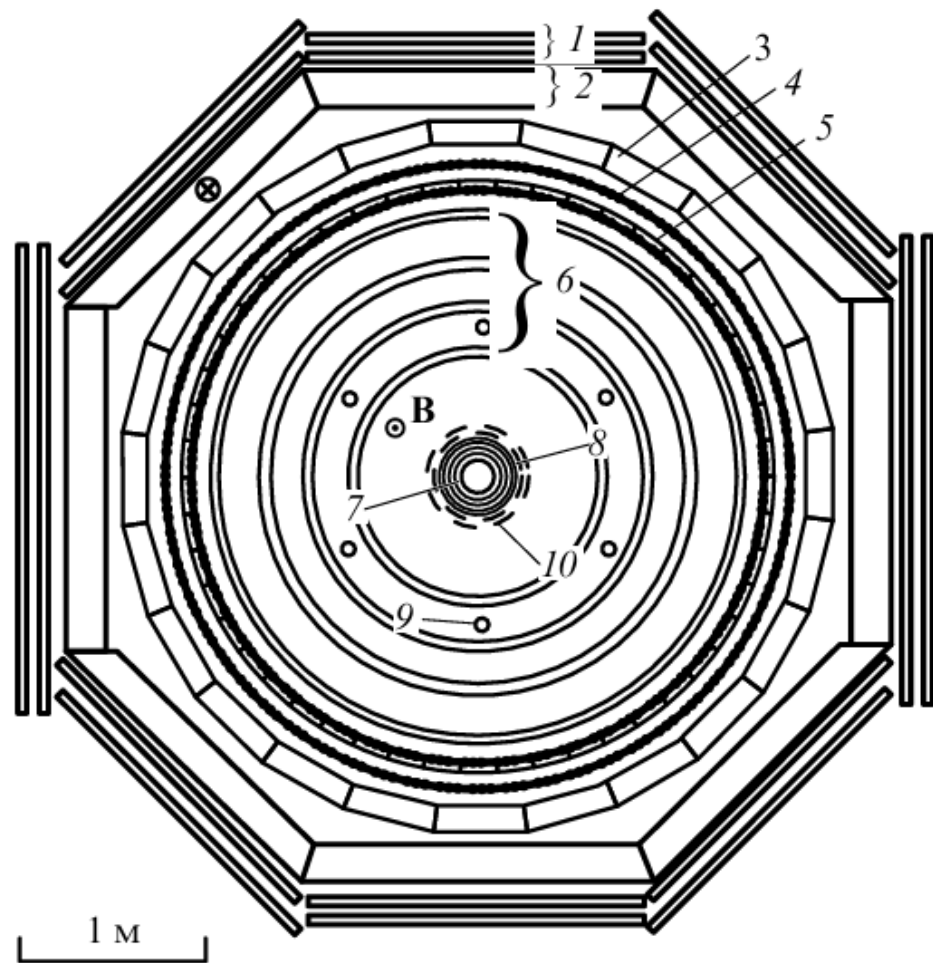
SPEAR (*Stanford Positron Electron Asymmetric Rings*)

SLAC (*Stanford Linear Accelerator Center*)

LBL (*Lawrence Berkeley Laboratory*)



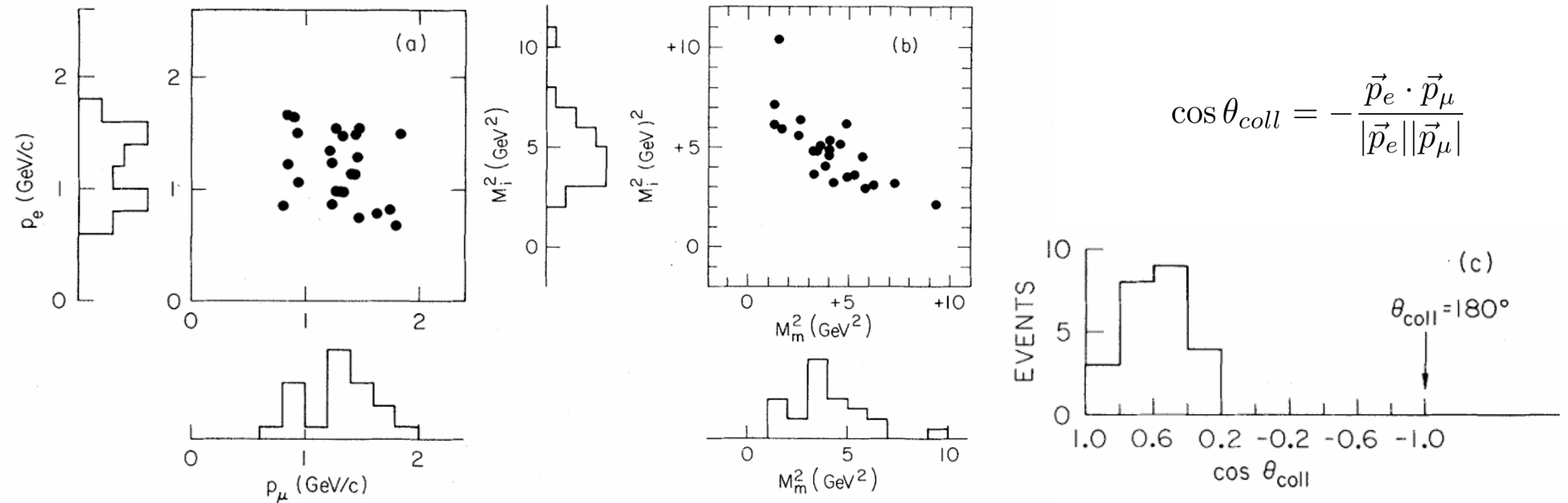
# Устройство эксперимента. Детектор



**Рис. 6.** Первоначальная форма детектора Mark I: 1 — мюонные проволочные камеры, 2 — железо (20 см), 3 — ливневые счетчики (24 шт.), 4 — обмотка магнита, 5, 8 — триггерные счетчики (48 и 4 шт. соответственно), 6 — цилиндрические проволочные камеры, 7 — пучок, 9 — опорная стойка (6 шт.), 10 — пропорциональные камеры (2 шт.).



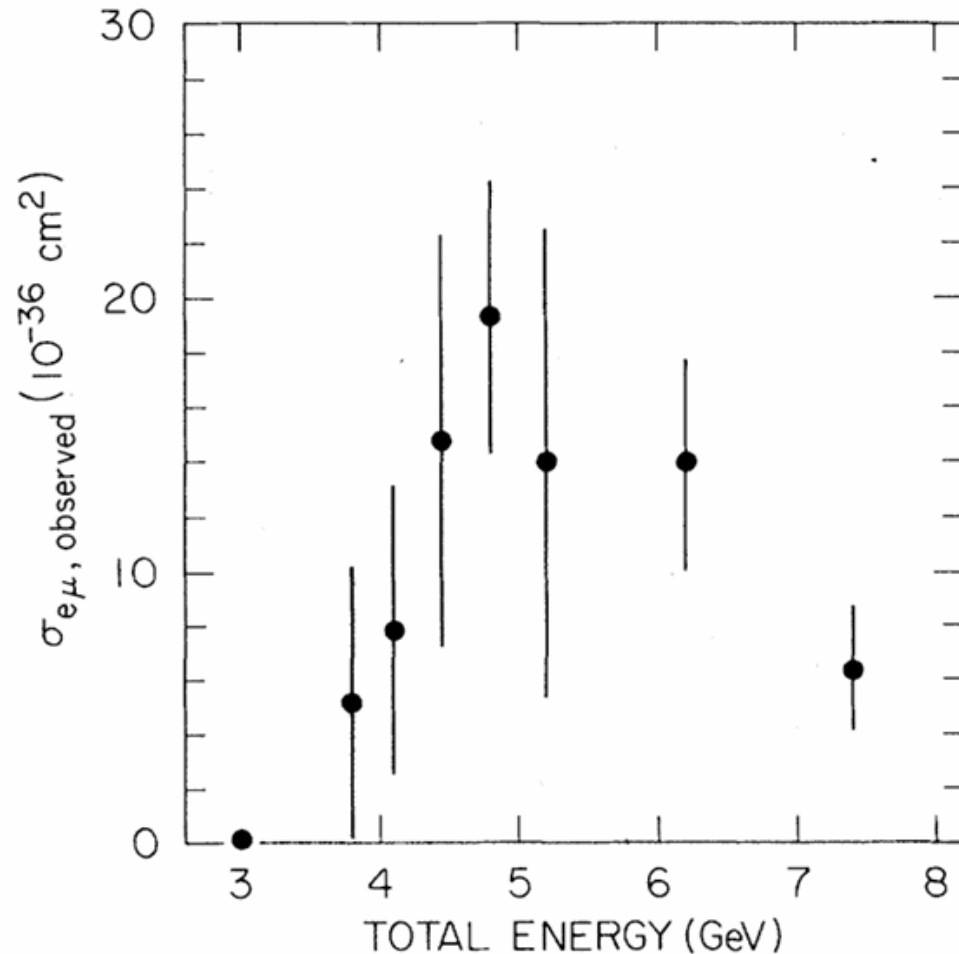
# Полученные результаты



$$\cos \theta_{coll} = -\frac{\vec{p}_e \cdot \vec{p}_\mu}{|\vec{p}_e| |\vec{p}_\mu|}$$

FIG. 1. Distribution for the 4.8-GeV  $e$ - $\mu$  signature events of (a) momenta of the  $e$  ( $p_e$ ) and  $\mu$  ( $p_\mu$ ); (b) square of the invariant mass ( $M_i^2$ ) and square of the missing mass ( $M_m^2$ ); and (c)  $\cos \theta_{coll}$ .

# Полученные результаты



$$e^+ + e^- \rightarrow e^\pm + \mu^\mp + \geq 2 \text{ undetected particles}$$

TABLE I. Distribution of 513 two-prong events, obtained at  $E_{\text{c.m.}} = 4.8 \text{ GeV}$ , which meet the criteria  $|\vec{p}_1| > 0.65 \text{ GeV}/c$ ,  $|\vec{p}_2| > 0.65 \text{ GeV}/c$ , and  $\theta_{\text{copl}} > 20^\circ$ . Events are classified according to the number  $N_\gamma$  of photons detected, the total charge, and the nature of the particles. All particles not identified as  $e$  or  $\mu$  are called  $h$  for hadron.

Particles	$N_\gamma$			Total charge		
	0	1	>1	= 0	= ± 2	
$e-e$	40	111	55	0	1	0
$e-\mu$	24	8	8	0	0	3
$\mu-\mu$	16	15	6	0	0	0
$e-h$	20	21	32	2	3	3
$\mu-h$	17	14	31	4	0	5
$h-h$	14	10	30	10	4	6

FIG. 2. The *observed* cross section for the signature  $e-\mu$  events.

background is then  $4.7 \pm 1.2$  events.

# Полученные результаты

We conclude that the signature  $e\text{-}\mu$  events cannot be explained either by the production and decay of any presently known particles or as coming from any of the well-understood interactions which can conventionally lead to an  $e$  and a  $\mu$  in the final state. A possible explanation for these events is the production and decay of a pair of new particles, each having a mass in the range of 1.6 to 2.0  $\text{GeV}/c^2$ .

# Дальнейшие уточнения

$$B(\tau^- \rightarrow \nu_\tau + e^- + \bar{\nu}_e) \approx 20\%,$$

$$B(\tau^- \rightarrow \nu_\tau + \mu^- + \bar{\nu}_\mu) \approx 20\%,$$

$$B(\tau^- \rightarrow \nu_\tau + \text{адроны}) \approx 60\%.$$

Было определено, что найденная частица:

1. Заряженная. Обладает массой  $\sim 1.8$  ГэВ.
2. Распадается с образованием двух нейтрино.
3. Время жизни  $\sim 10^{-13}$  с.
4. Имеет характерное угловое распределение и сечение.

# Нобелевская премия

## The Nobel Prize in Physics 1995

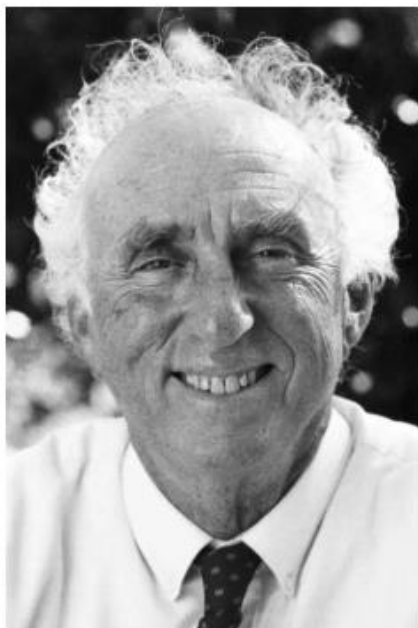
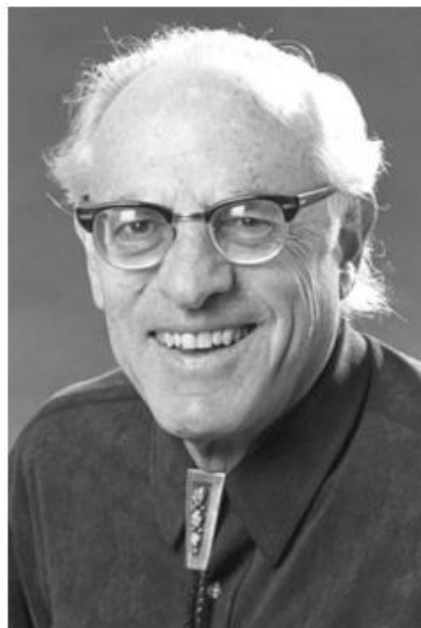


Photo from the Nobel Foundation archive.

Martin L. Perl

Prize share: 1/2



© University of California Regents

Frederick Reines

Prize share: 1/2

The Nobel Prize in Physics 1995 was awarded "for pioneering experimental contributions to lepton physics" jointly with one half to Martin L. Perl "for the discovery of the tau lepton" and with one half to Frederick Reines "for the detection of the neutrino"