Integration Readiness Review

Particle Test Peer Review

June 22, 2004

Gary Godfrey
SLAC
Particle Test Manager

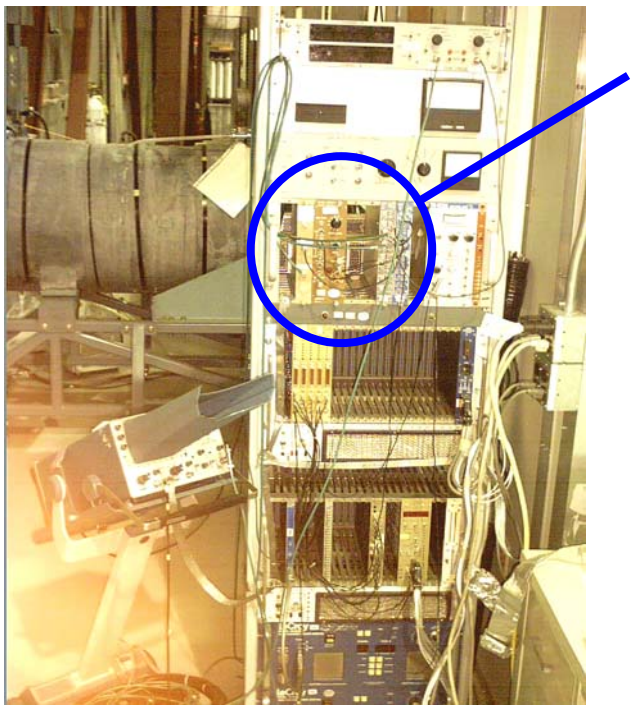
godfrey@slac.stanford.edu
650-926-2919

Outline

- Description of the Muon Telescope
- Description of the VG (Van de Graaff)
- VG gamma ray production for GLAST
- Machine and Beam characteristics
- BGO monitor
- Photon production rate and spectra
- Photon angular distribution
- Time structure of the beam

- Spare VG parts list
- Trained VG operators
- Documents and procedures
  - VG Safety / Operations Handbook – OHP approvals
  - Setting the LAT Timing Registers
  - Measuring LAT Trigger Jitter with the Muon Telescope
  - VG and LAT data runs
- Readiness schedule

Muon Telescope



- 24” x 24” x 1” Plastic Scintillators
- Coincidence rate ~6 Hz
- Outputs a 50 ns wide TTL pulse that goes to the GLT Ext Trig Input
- Will be used for
  - Setting the Tower Timing Registers
  - Measuring the Tower Trigger Jitter
  - Measuring Tower Trigger Effic

Measuring LAT Trigger Jitter with the Muon Telescope

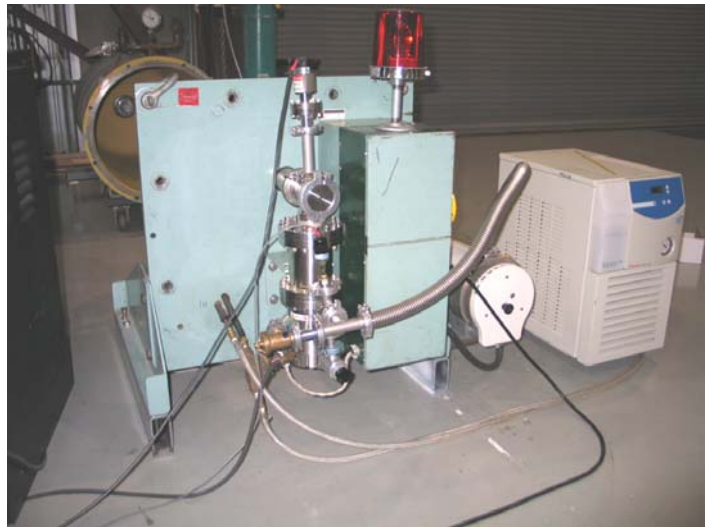
- Muon telescope establishes a narrow t_0
- Externally delay the Muon Telescope trigger by 500 usec
- Enable the LAT trigger to be investigated (eg: Tkr)
- The Tkr triggers on the event and the LAT becomes live again
- Then the delayed Muon Telescope trigger arrives and triggers the LAT a second time for the same event
- A histogram of the time difference between the two triggers displays the Tkr trigger walk (since the Muon Trig is ±1/2 tick)

Van de Graaff External

High Voltage Engineering

Model LC-400

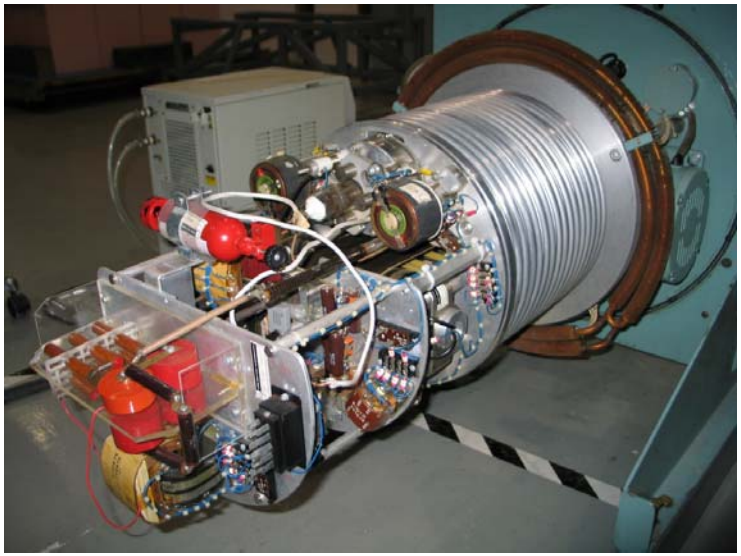
Circa 1975

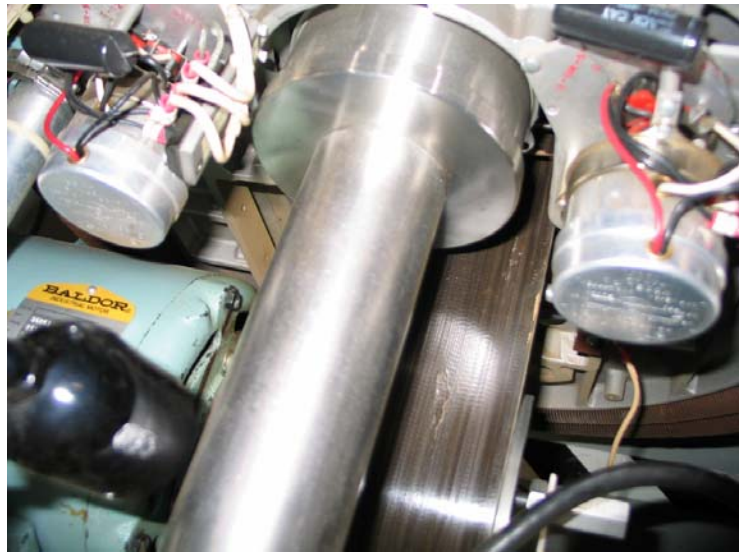


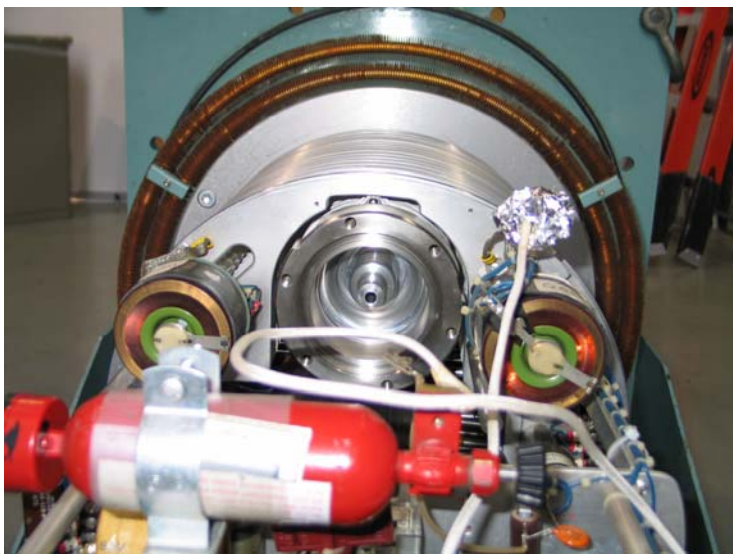
VG History

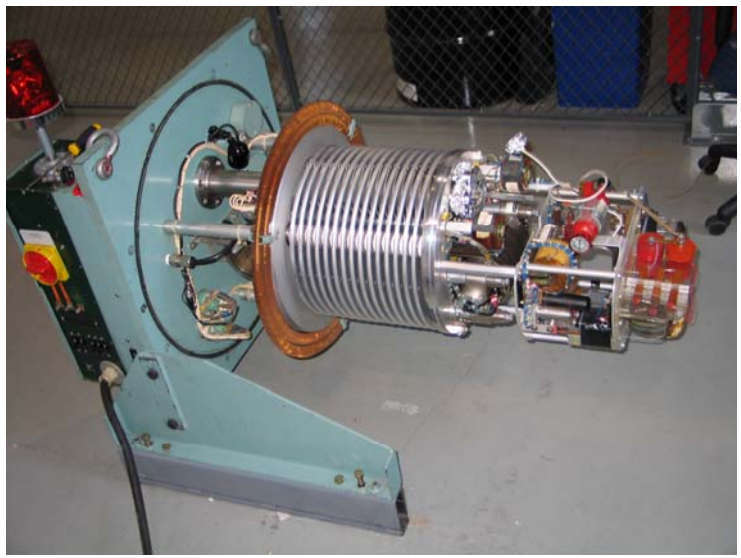
1977-80	Crystal Ball SLAC
1980-83	Crystal Ball DESY
1983-2003	SLAC Research Yard
Jan 2003	Began restoration for GLAST
Oct 2003	Provided ~10 Hz of gammas (14.6 + 17.6) to EM1 for energy, efficiency, and psf measurements
Jan 2004	It was decided that VG should provide a high rate test (~100 times more gammas/sec) Removing all oil from system might allow the VG to go to higher energies and prevent energy losing deposits on the target.
Feb 2004	Disassembled the VG. Cleaned oil from all parts. Replaced oil diffusion and welch pumps with oil free turbo and scroll pumps.

Van de Graaff Internal









Things That Could Have Gone Better !

Corona rod needs Viagra

Accel column falls apart at one epoxy joint

Belt runs off pulley and shreds itself

Belt charging supply burns out

Rectifier tube burns out

RF power tubes lose their gain

Source bottle leaks SF6 into beampipe

Chokes smoke and puddle

Filter cap shorts and puddles

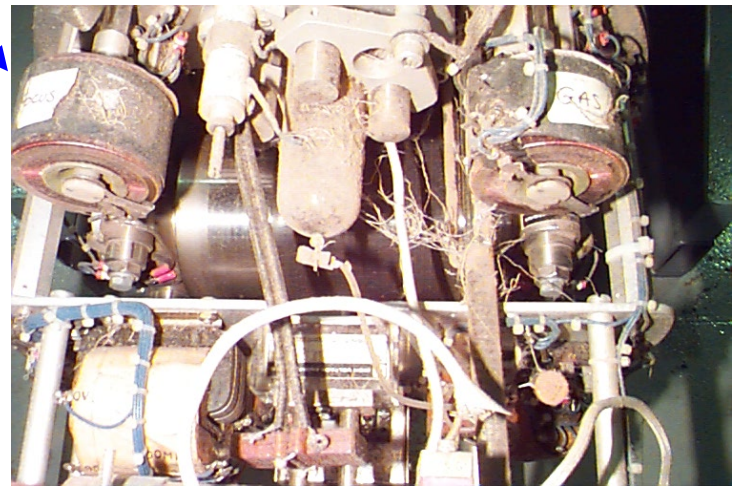
Probe tip resistor burns out

H2 heated leak won't stop leaking

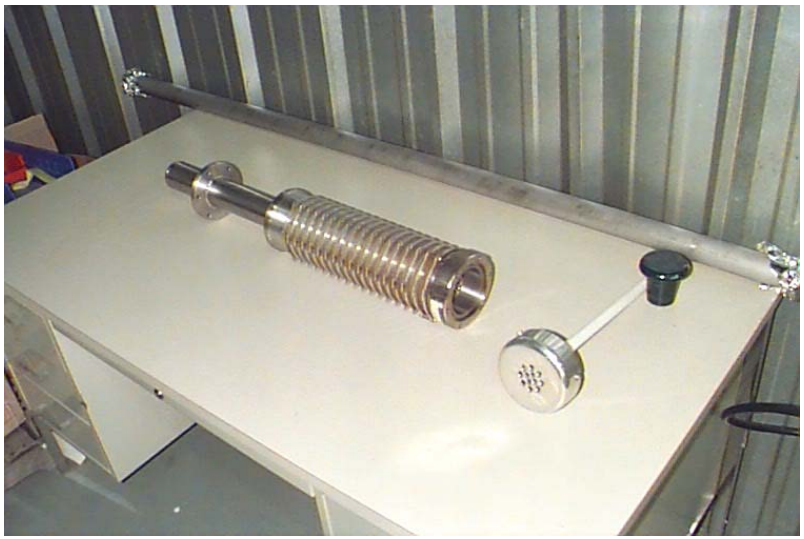
Roughing pump oil all over everything inside vac

Conductive deposits inside of accel column short electrodes

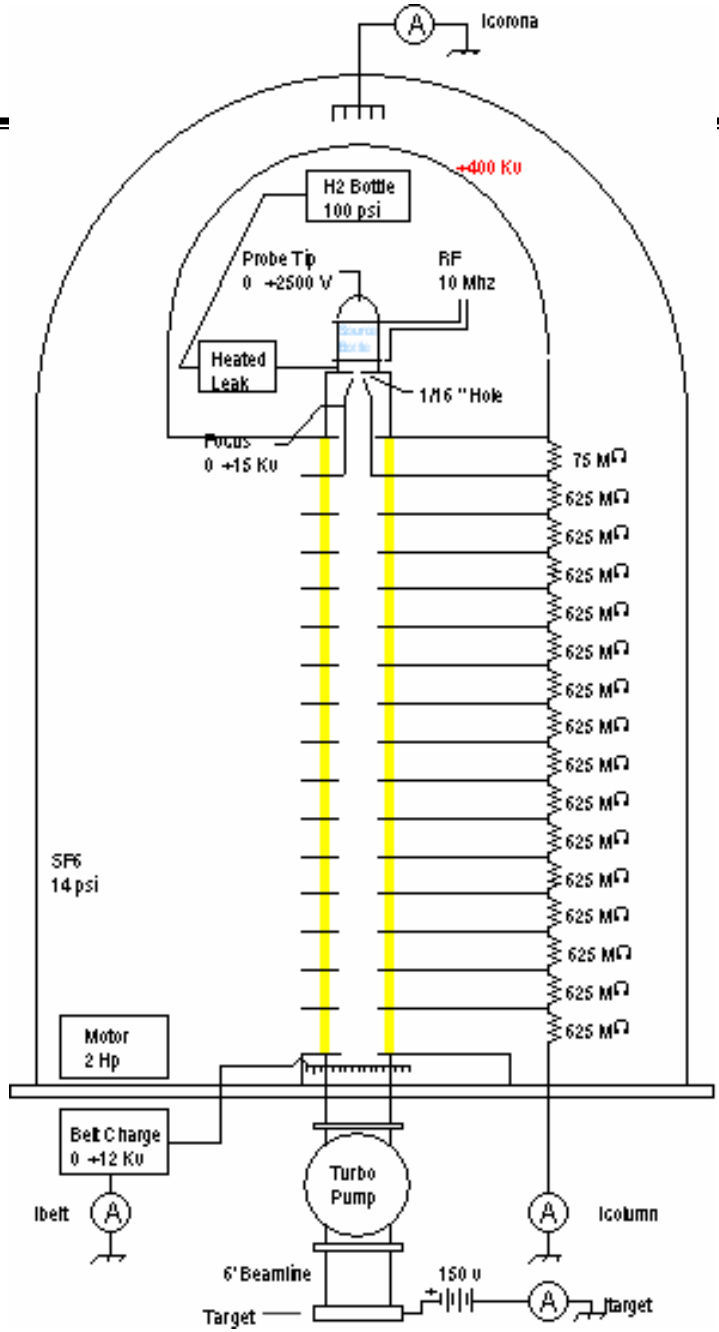
Belt won't hold charge



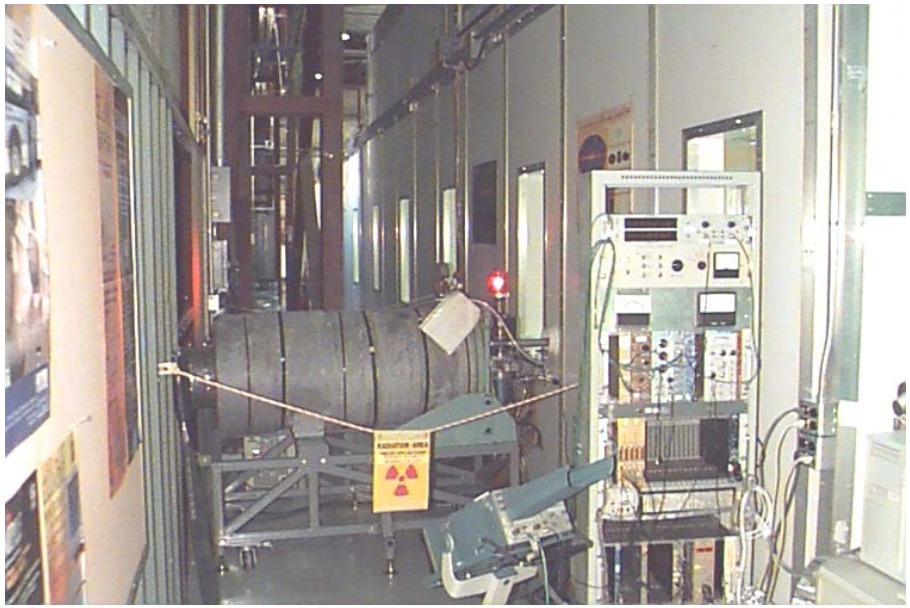
Van de Graff Parts

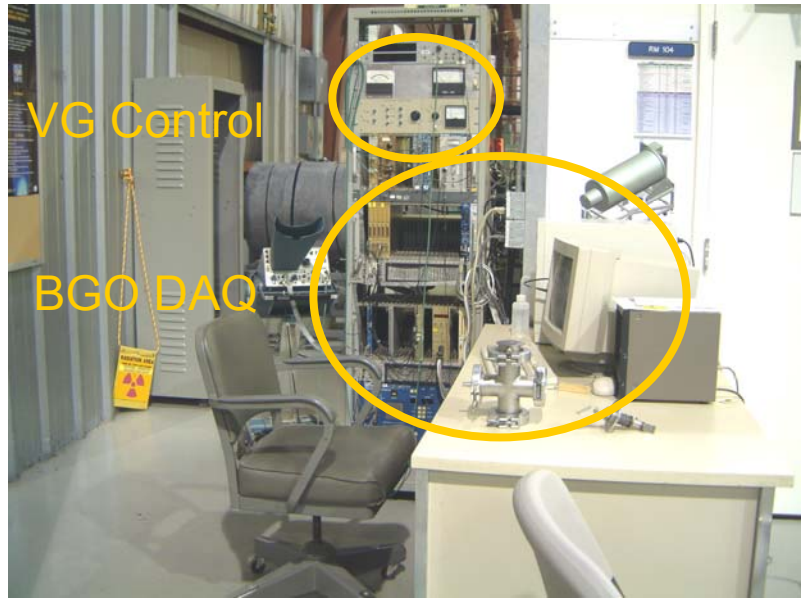


VG Schematic

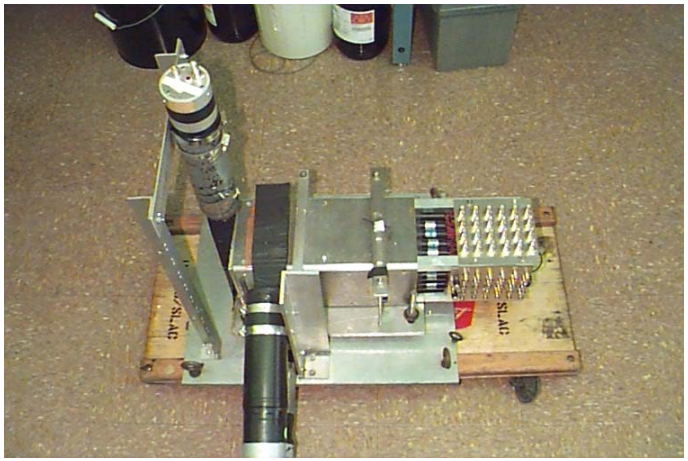


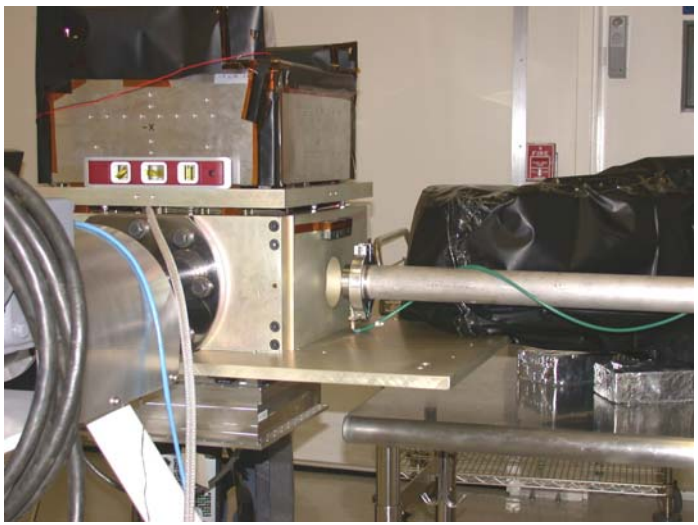
Van de Graff Control

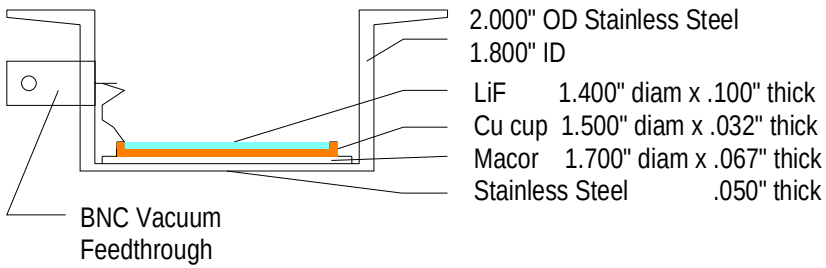




Target and BGO Monitor

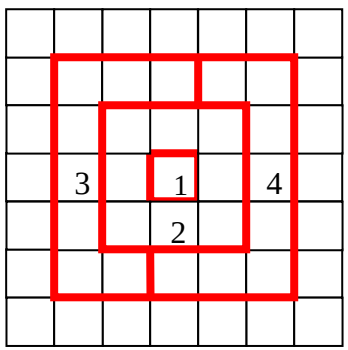


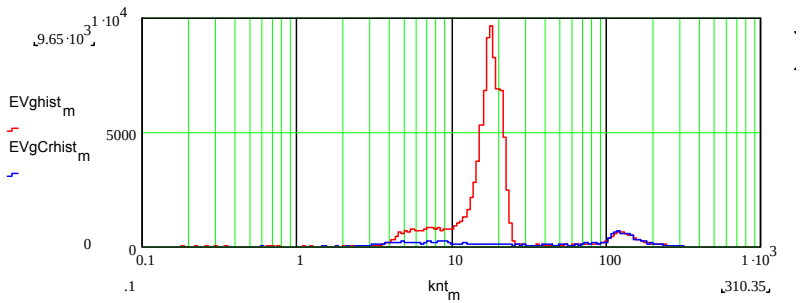




BGO Photon Flux Monitor

- BGO Monitor is a (7 x 7) array of (2 cm x 2 cm x 20 cm)
- Monitor placed a fixed distance behind the VG target at 45°
- PMT gains adjusted to be the same (~±5%) using individual HVs
- Analog sum of each of four regions is ADC'd by an Integ/Hold Module
- Trigger=(Analog Sum of All 25 Xtals in red) > 2 MeV
- 3 x 3 xtal fiducial volume is defined by (E1+E2) > (E3+E4)
- Cosmic spectra (blue) is scaled and subtracted from the VG on spectra (red)
- An average BGO photon rate is measured for a BGO run simultaneous with each LAT run
- Deadtime= .6 msec/trigger
- DOS records ASCI files to the local disk and zip'd files to a USB Mem Stick which is taken to another PC for analysis.





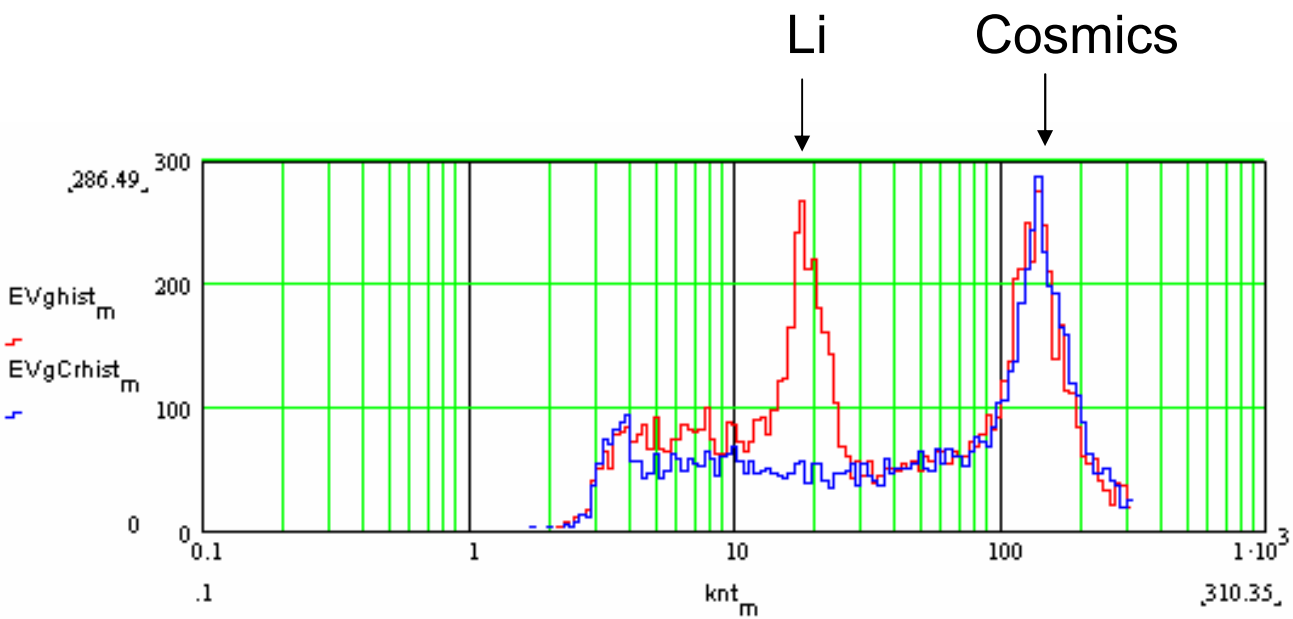
Li Target Photons

The VG produces gammas from a Li target.

2 : 1

P (440 KeV) + $Li^7 \rightarrow Be^{8*} \rightarrow Be^8 + \gamma$ (17.6 or 14.6 MeV)

Gammas per 5% Energy Bin in BGO (150° , 18.0”)



[MeV]

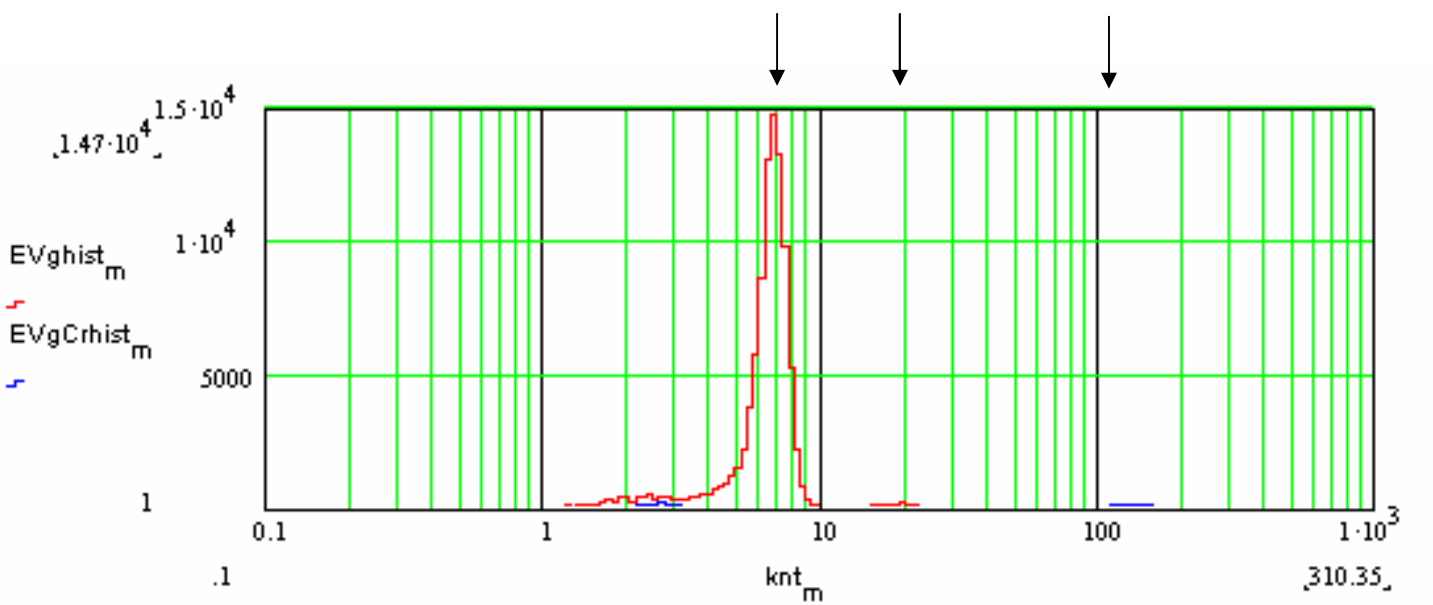
(Red=VG on Blue=VG off)

LiF Target Photons

P (340 KeV) + F^{19} → O^{16*} + α
→ O^{16} + γ (6.1 MeV)

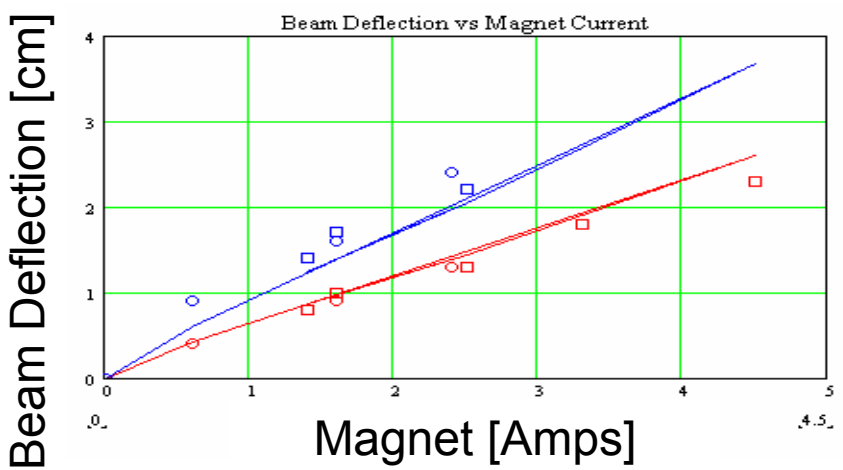
Gammas per 5% Energy Bin in BGO 150°, 18.0”)

F Li Cosmics



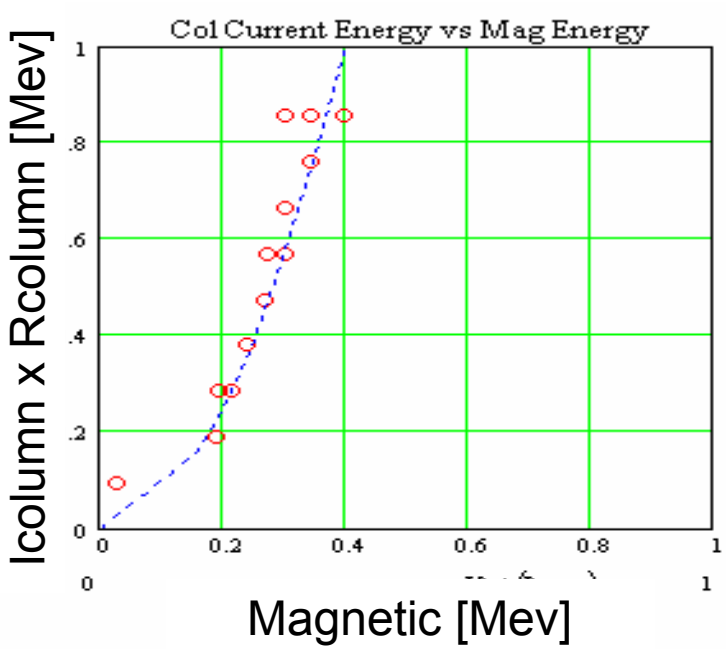
[MeV]
(Red=VG on Blue=VG off)

Magnetically Measured VG Beam Energy



Blue points=
dim spot (~.1) , 320 KeV H+

Red points=
bright spot (1.) , 320 KeV H2+



Max beam energy ≤400 KeV

Current starts flowing outside of the column resistor chain and there is no increase in terminal voltage.

Field emission ? (1 MV / meter)
Conductive deposits ?

Photon Angular Distribution

Literature says all three photons are isotropic.

Measure to be sure:

1) NaI is at (135°, 6.0”). It is not moved.

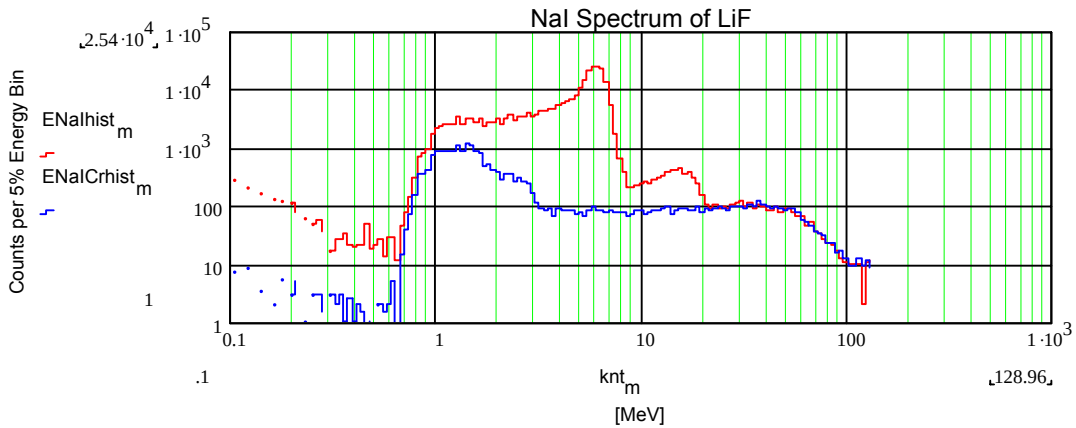
2) BGO is moved between angles (at 18.0” ± .25”)

Conclude (data on next page):

1) The sum of all three photon rates (dominated by 6.1 MeV) is the same at 0° and 135° to ±3%.

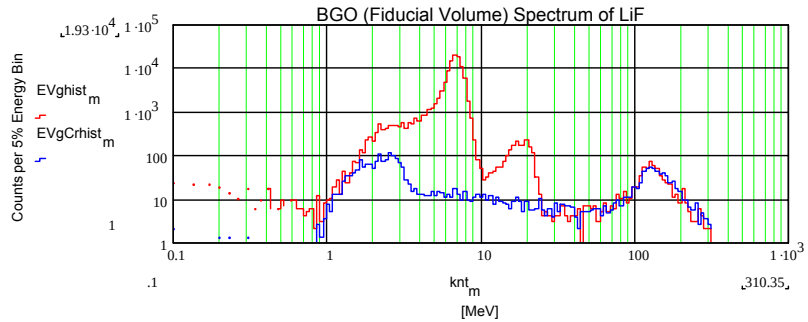
2) The line area ratio 6.1 : (14.6 + 17.6) is the same at 0° and 135° to ±3%.

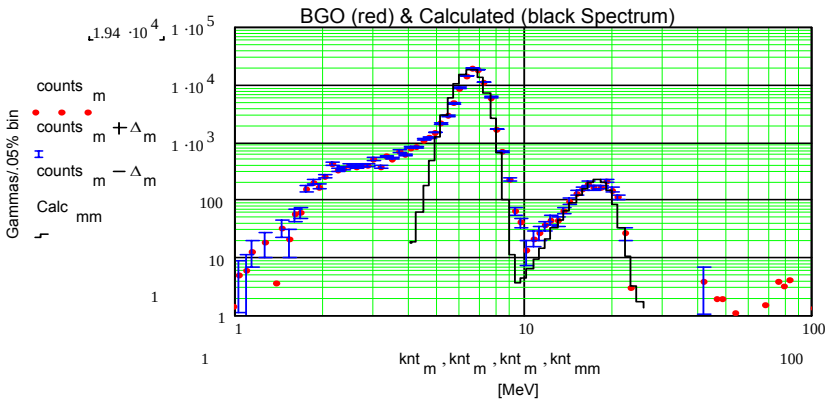
NaI



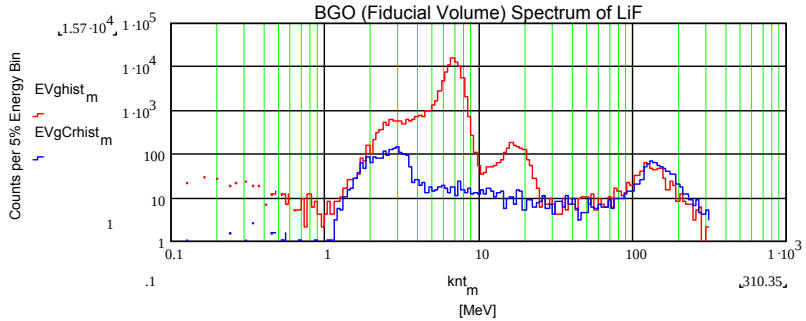
Photon Angular Distribution

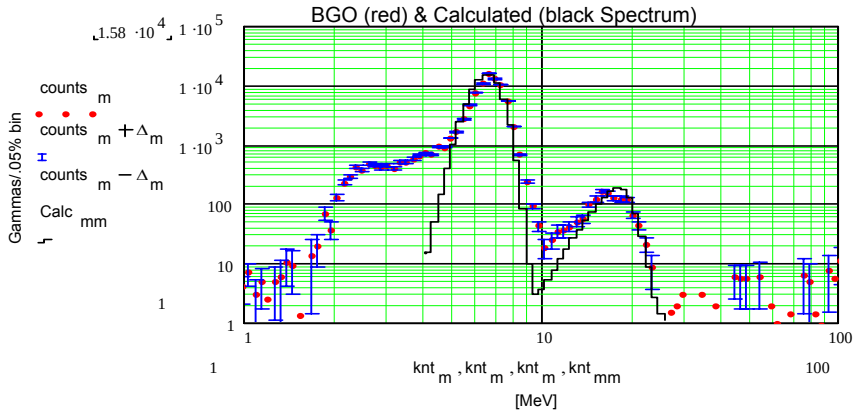
BGO (135°)





BGO(0°)





BGO Angle	BGO(sum 4 - 25 MeV) / NaI (sum 1 - 30 MeV)	Peak area ratios 6.1 / (14.6 + 17.6)
0°	.321 ± .001 (stat) ± .009(sys)	56.0 ± 1.4 (stat)
135°	.335 ± .001 (stat) ± .009(sys)	58.8 ± 1.6 (stat)

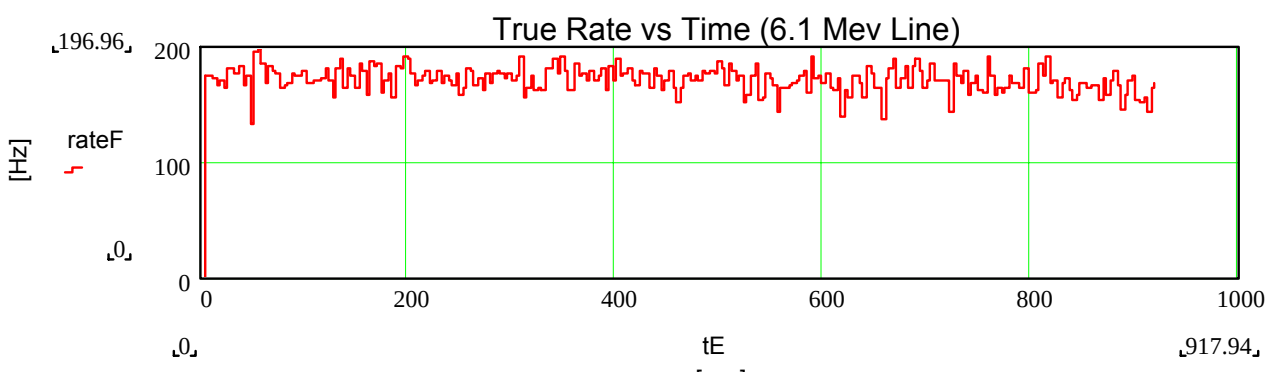
Photon Production Rates

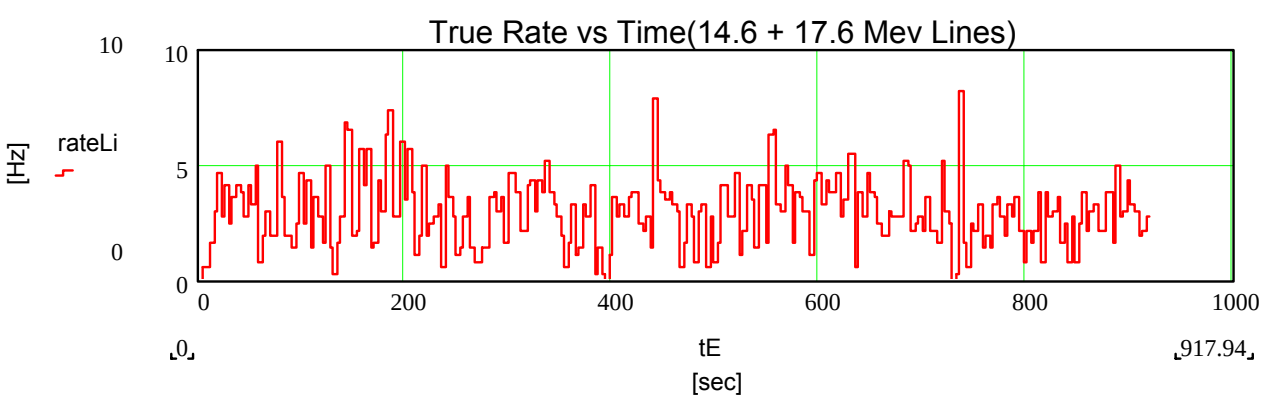
Data from run VG64

Livetime corrected rates versus time

LiF target, BGO at (0°,18.0”)

$\Omega_{\text{BGO fiducial volume}}$= .015 sterad



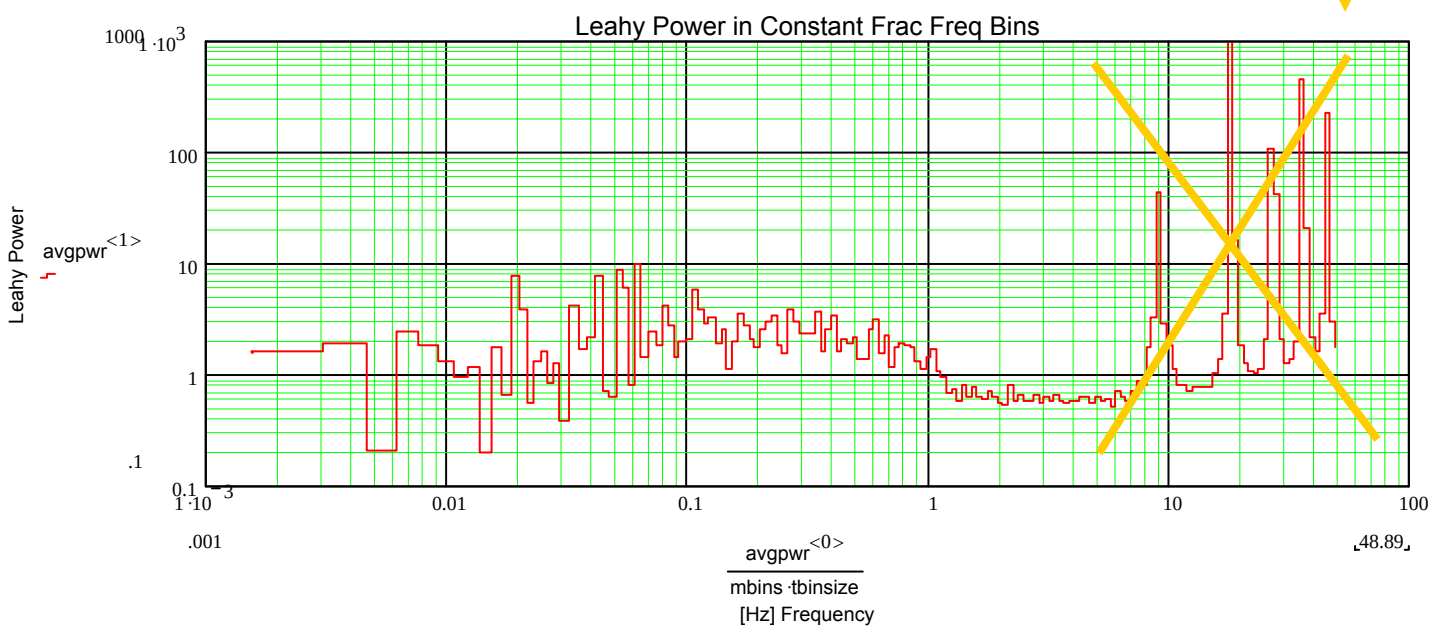


BGO Rate	4π Rate
170. Hz	142. Khz
2.9 Hz	2.4 Khz

Time Structure of Beam

- **Notice that the VG photon rate is variable on 1-100 sec times**
  - **Li gammas more variable due to VG energy variation**
  - **F gammas less since the machine energy is above the resonance**

- **The Leahy normalized fourier power spectrum**
  - **Peaks at 10 Hz harmonics due to computer clock – will go away**
    - Tick = .01 sec and interval never less than .05 sec
  - **GPS timing module due July 15**
    - .1 usec tick, long term stability ±2 usec
    - Will then see the BGO DAQ .6 msec deadtime per event

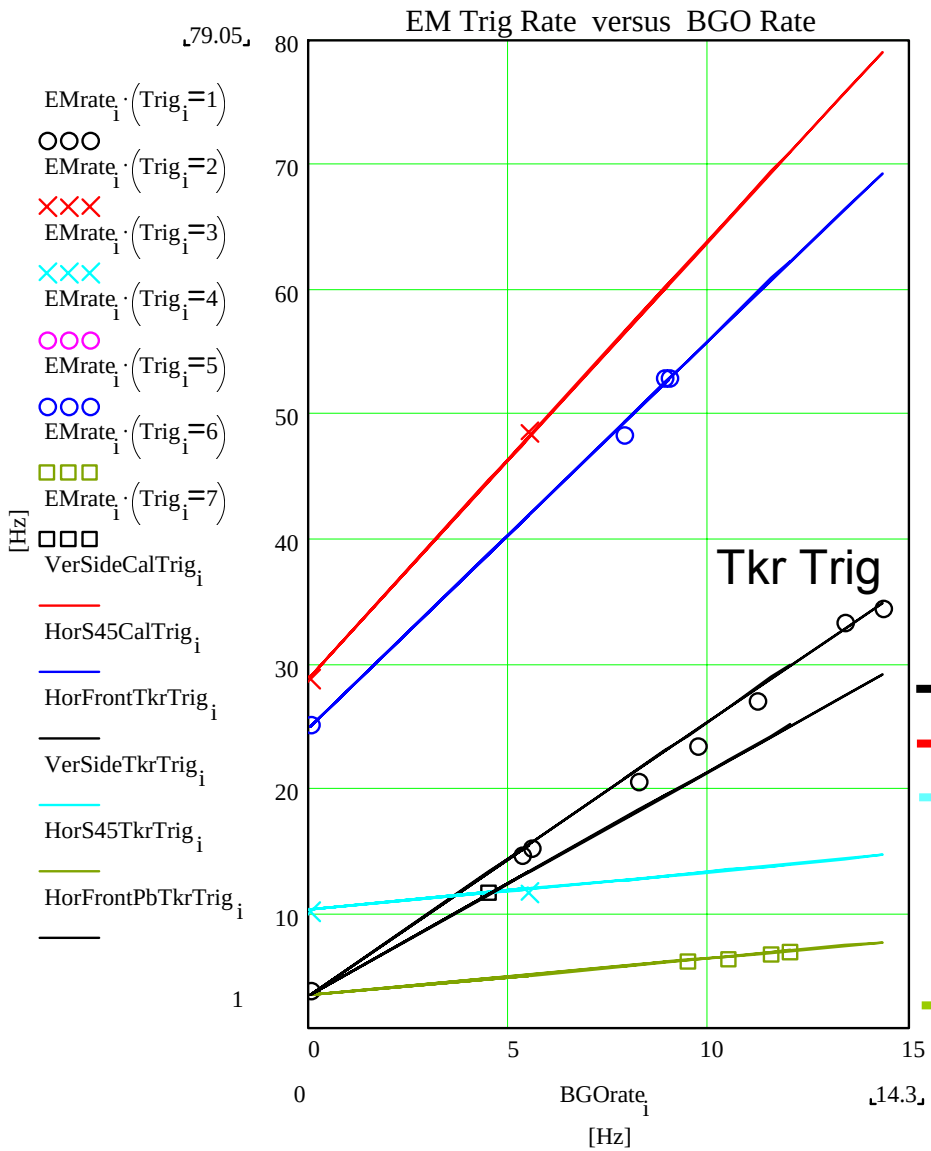


VG MC Solid Angles x Efficiencies

1) Target assumed 2" in front of face. Target has 7% rad length window.
2) Simple MC rolls infinitely long, straight, isotropic rays from target.
3) Rolls dice at radiators to see if conversion occurs.
4) If 3 xy hits in row anywhere along track, then Tkr trig.
5) Few F gammas make 3 in row. GLAST Sim said .1% per converter makes 3 in-a-row so scaled my MC 4%. Howver, a ½ * (6-1) Mev electron will go through 2 trays.

Detector – Target at front center of face	Ω * Tkr Trig Effic [sterad]	Est Trig Rate (Li γs) [Hz]	Est Trig Rate (F γs) (scaled by .1/4) [Hz]	Est Trig Rate (F γs) (turn on 3rd trays) [Hz] ??
BGO Fiducial volume (135°, 6.0")	.148	12 (typical)	696	
EM1	.31 (agrees with meas)	25	36	
EM2	.39	32	46	619
1 Tower	.85	69	100	1334
2 Towers				
4 Towers (2 x 2)	1.90	154	223	2977
16 Towers (4 x 4)	3.15	255	370	4930

EM1 Trigger Rate Measurements



$$VerSideCalTrig_i := 3.5 \cdot BGOrate_i + 29.$$

$$HorS45CalTrig_i := 3.1 \cdot BGOrate_i + 25.$$

$$\boxed{HorFrontTkrTrig_i := 2.2 \cdot BGOrate_i + 3.5}$$

$$HorFrontPbTkrTrig_i := 1.8 \cdot BGOrate_i + 3.5$$

$$VerSideTkrTrig_i := 0.3 \cdot BGOrate_i + 10.4$$

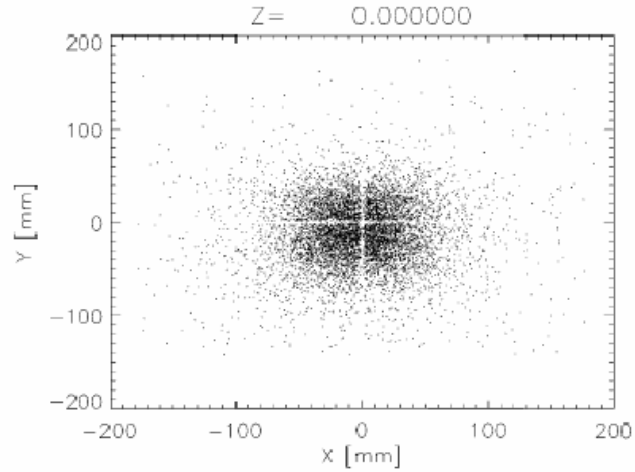
$$HorS45TkrTrig_i := 0.3 \cdot BGOrate_i + 3.5$$

Trig Meanings:

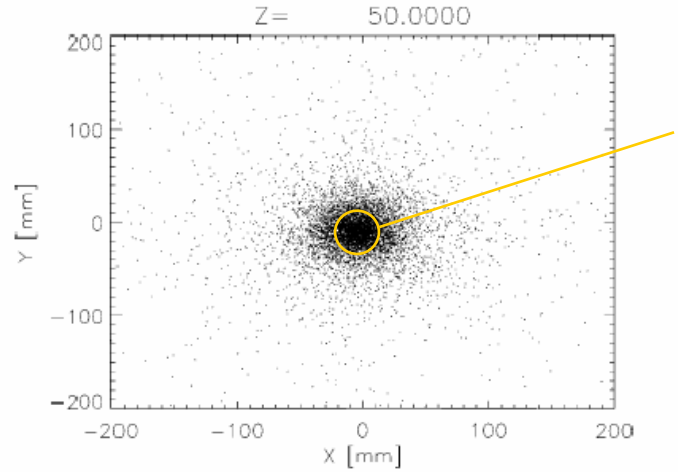
- 1=VG front face, TkrTrig , EM Horiz
- 2=VG side hole, CalLowTrig, EM Vert
- 3=VG side hole, TkrTrig , EM Vert
- 4=VG front face, CalLowTrig, EM Horiz
- 5=VG 45 deg , CalLowTrig, EM Horiz
- 6=VG 45 deg , TkrTrig , EM Horiz
- 7=VG front face, Pb, TkrTrig , EM Horiz

EM1 Offline Analysis

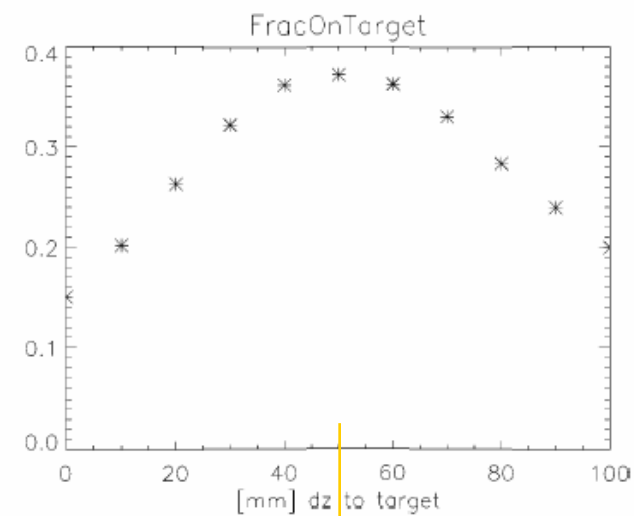
Tkr1 position in top layer



Tkr1 extrapolated to Target Z=50. mm



Li Target Diameter



Actual target distance was 50 mm

EM1 Offline Analysis

~0° Effic = γ per steradian seen in EM

γ per steradian seen in BGO

= 1200/(.02 x 2π ster)

1152 sec x 13.35 Hz /(.15 ster)

= .093 ± .01 (±5% BGO dist error)

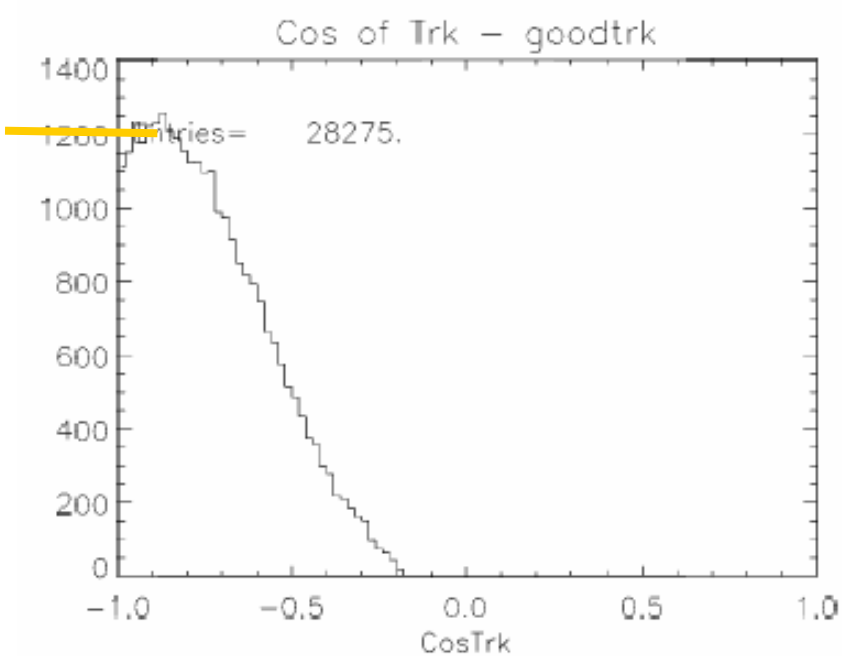
θ68 Measured = acos(.88) = 28° (at 0°)

θ95 Measured = acos(.46) = 63° (at 0°)

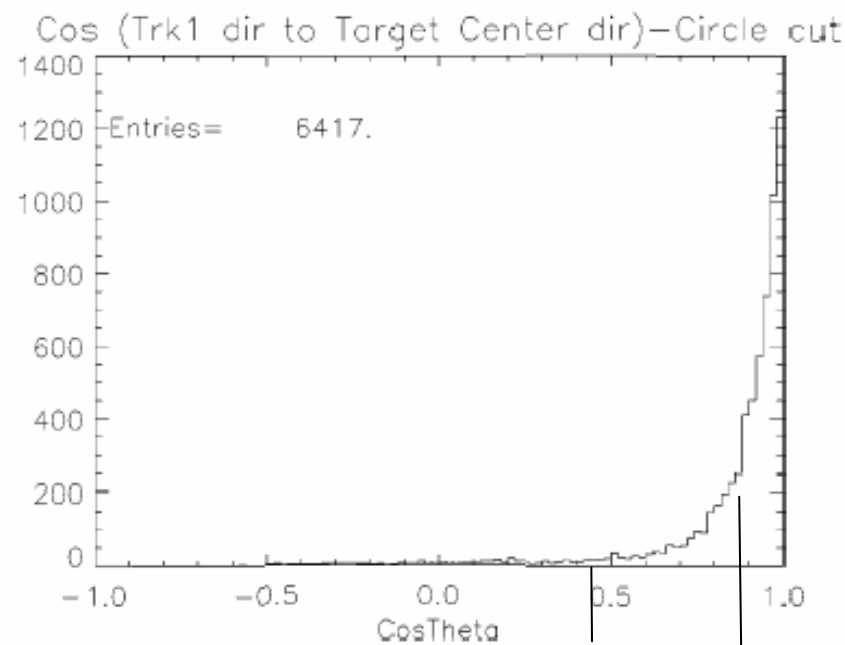
θtarget ~ (.75"/2.0") x (180/π) = 21°

θ68 EM PSF ~ sqrt($\theta 68_{Measured}^2 - \theta_{target}^2$) = 21°

θ95 EM PSF ~ sqrt($\theta 95_{Measured}^2 - \theta_{target}^2$) = 59°



Tkr1ZDir



Cosθ95=.46 Cosθ68=.88
θ95=63.° θ68=30.°

Documents and Procedures

Particle Test LAT Integration Documents

- LAT-TD-00440-4 Beam Test Plan
- LAT-TD-01396 Calibration of the Van de Graaff Photon Flux
- LAT-TD-01805-2 Van de Graaff Accelerator Safety/Operations Handbook
- LAT-PS-04133 Procedure to Take Simultaneous BGO and LAT Data
- LAT-PS-04134 Procedure for Setting the LAT Timing Registers
- LAT-PS-04135 Procedure for Measuring the LAT Trigger Jitter using the Muon Telescope
- LAT-TD-04136 Van de Graaff and Cosmic Data Runs for LAT Integration

VG Operators

- **Requires Rad Worker I and VG Operator Training**
  - **People already trained**
    - John Canfield
    - Gary Godfrey
    - Brian Horwitz
    - Dave Kiehl
    - Leo Manger
    - Tom Nieland
    - Eliazar Ortiz
    - Eduardo do Couto e Silva
    - Larry Wai
  - **More to come**
    - Tune Kamae

VG and Cosmic Data Runs

- Testing recommendations have been provided by the End to End Testing Committee (LAT-MD-03489-01)

- The following tests are required for the full LAT
  - 1) Basline CR Tests BCR
  - 2) Consdition Scan CR Tests CSCR
  - 3) Basline CR Trigger Subtests BCR
  - 4) Nominal Rate CR Tests NCR
  - 5) Nominal Rate Condition Scan Tests NRCSCR
  - 6) CAL Nominal Rate CR Tests CNRCR
  - 7) Baseline CR Data Volume Sub Tests BCRDV
  - 8) Nominal Rate CR Data Volume Sub Tests NRCRDV
  - 9) Van de Graaff Tests VG

- A subset of these tests are being defined for 1 and 2 towers

1 and 2 Tower Cosmics and VG Data

Preliminary lists of runs. Still being actively worked on.

Time = 91 x 1.3 ~ 120 hours

Time [hrs]	E2E ID	Config	Test	FSW			S/C		ACD			TKR			CAL			Trigger settings						Duration (h)	Comments
91				Filter	Prescale	Throttle	Temp (C)	non - regulated source (V)	DAC setting (Veto)	TACK delay	DAC setting (zero sup)	DAC setting	TACK delay	GTRC split	DAC setting	TACK delay	DAC LAC setting (zero sup)	Input	ACD	TKR	CAL	Rate (KHz)	L1T		
1	1	1	BCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	ALL	nom	nom	nom	0.05	1.80E+05	1	
4	2	1	CSCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	(min)	nom	nom	nom	nom	nom	ALL	nom	nom	nom	0.05	1.80E+05	1	
		2	CSCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	(max)	nom	nom	nom	nom	nom	ALL	nom	nom	nom	0.05	1.80E+05	1	
		3	CSCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	near peds (min)	nom	nom	ALL	nom	nom	nom	0.05	1.80E+05	1	
		4	CSCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	near sat. (max)	nom	nom	ALL	nom	nom	nom	0.05	1.80E+05	1	
4	3	1	BCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	TKR	nom	OFF	OFF	0.5	1.80E+06	1	
		1	BCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	CalL	OFF	OFF	nom	0.5	1.80E+06	1	
		1	BCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	4 MeV	nom	nom	CalL	OFF	OFF	nom	0.5	1.80E+06	1	
		1	BCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	CalH	OFF	OFF	nom	0.5	1.80E+06	1	
36	4	1	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+TKR	nom	nom	nom	0.2	1.08E+06	1.5	
		2	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+TKR	nom	nom	nom	0.5	2.70E+06	1.5	
		3	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+TKR	nom	nom	nom	1	5.40E+06	1.5	
		4	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+TKR	nom	nom	nom	5	2.70E+07	1.5	
		5	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+TKR	nom	nom	nom	10	5.40E+07	1.5	
		6	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+TKR	nom	nom	nom	20	1.08E+08	1.5	
		7	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+CalL	nom	nom	nom	0.2	1.08E+06	1.5	
		8	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+CalL	nom	nom	nom	0.5	2.70E+06	1.5	
		9	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+CalL	nom	nom	nom	1	5.40E+06	1.5	
		10	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+CalL	nom	nom	nom	5	2.70E+07	1.5	
		11	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+CalL	nom	nom	nom	10	5.40E+07	1.5	
		12	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+CalL	nom	nom	nom	20	1.08E+08	1.5	
		13	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+CalH	nom	nom	nom	0.2	1.08E+06	1.5	
		14	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+CalH	nom	nom	nom	0.5	2.70E+06	1.5	
		15	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+CalH	nom	nom	nom	1	5.40E+06	1.5	
		16	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+CalH	nom	nom	nom	5	2.70E+07	1.5	
		17	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+CalH	nom	nom	nom	10	5.40E+07	1.5	
		18	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+CalH	nom	nom	nom	20	1.08E+08	1.5	
		19	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+ALL	nom	nom	nom	0.2	1.08E+06	1.5	
		20	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+ALL	nom	nom	nom	0.5	2.70E+06	1.5	
		21	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+ALL	nom	nom	nom	1	5.40E+06	1.5	
		22	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+ALL	nom	nom	nom	5	2.70E+07	1.5	
		23	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+ALL	nom	nom	nom	10	5.40E+07	1.5	
		24	NCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+ALL	nom	nom	nom	20	1.08E+08	1.5	

(Continued)

3	6	1	CNRCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	S+CalL	OFF	OFF	nom	5	2.70E+07	1.5	
		2	CNRCR	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	min	S+CalL	OFF	OFF	nom	1	5.40E+06	1.5	
1	7	1	BCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	ALL	nom	nom	nom	0.05	1.80E+05	1	
18	8	1	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+TKR	nom	nom	nom	1	5.40E+06	1.5	
		2	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+TKR	nom	nom	nom	5	2.70E+07	1.5	
		3	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+TKR	nom	nom	nom	10	5.40E+07	1.5	
		4	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+TKR	nom	nom	nom	20	1.08E+08	1.5	
		5	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+CalL	nom	nom	nom	1	5.40E+06	1.5	
		6	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+CalL	nom	nom	nom	5	2.70E+07	1.5	
		7	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+CalL	nom	nom	nom	10	5.40E+07	1.5	
		8	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+CalL	nom	nom	nom	20	1.08E+08	1.5	
		9	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+CalH	nom	nom	nom	1	5.40E+06	1.5	
		10	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+CalH	nom	nom	nom	5	2.70E+07	1.5	
		11	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+CalH	nom	nom	nom	10	5.40E+07	1.5	
		12	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+CalH	nom	nom	nom	20	1.08E+08	1.5	
		13	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+ALL	nom	nom	nom	1	5.40E+06	1.5	
		14	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+ALL	nom	nom	nom	5	2.70E+07	1.5	
		15	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+ALL	nom	nom	nom	10	5.40E+07	1.5	
		16	NCRDV	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	OFF	S+ALL	nom	nom	nom	20	1.08E+08	1.5	
24	9	1	BVDG	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	ALL	nom	nom	nom	0.17	3.67E+06	6	LiF Tower front center
		2	BVDG	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	ALL	nom	nom	nom	1	2.16E+07	6	LiF front center; third trays ON
		3	BVDG	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	ALL	nom	nom	nom	4	8.64E+07	6	LiF side above bottom super GLAST
		4	BVDG	OFF	OFF	OFF	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	nom	ALL	nom	nom	nom	0.07	1.51E+06	6	Li Tower fron center

VG Spare Parts

Spare Part	Have	Order by	#	Arrival date
Belt (Van de Graff)		Done	3	7/14/04
Capacitor (ceramic variable tuning)	1			
Choke (RF HV) Stancor C-2327 1.5 H 1500 V 85W 200 mA DC	2			
Choke (RF HV) Stancor C-2343 .75 H 1500 V 85W 300 mA DC	2			
Diode (Focus HV)	2			
Gas (SF6 cylinder)	2			
HV supply (for charging the belt)	1			
Motor (Control rod)	2			
Pump (scroll)	0		0	
Pump (turbo)	0		0	
Relay (Delay) Amperite 5N030T 9 pin		**7/1/04**		
Resistor (Column) 625 MW	4			
Resistor (Probe tip) 100K 25W	3			
Resistor (Focus) 2 MW 15%		**7/1/04**		
Rheostat (Control Rod)		**7/1/04**		
Screen (charging)		**7/1/04**		
Springs (column)	5			
Transformer (Probe tip) P-1079 TT-5479 (70,100,115) ->1700 v 5 mA		**7/1/04**		
Transformer (Focus HV) P-22478 TT-9476 330/400 Hz (95,110,125,135)->15 kV 10mA		**7/1/04**		
Transformer (RF HV) P-9321 TT-5494 (95,115,135)->480-0-480 V 400 mA, 6.3 V 5 A		**7/1/04**		
Tube (5T4)	9			
Tube (6146B)	4			

Verification of Equipment Readiness

- Bi-weekly operation of VG to record BGO spectrum
- Bi-weekly operation of scintillator telescope to record cosmic rate

VG Present State

- Tuesday 6/15/04:
  - A rectifier tube burned out inside the machine during the high rate angular distribution measurements. Opened up the machine and replaced it.
- Thursday 6/17/04:
  - Pump down complete. Machine reinstalled by cleanroom.
- Friday 6/18/04:
  - Beam energy won't get high enough to make photons. Opened up machine. Cleaned belt and exterior column. Found 3 electrodes with <20 MΩ between them and 1 with 40 Ω (should be 625 MΩ)
- Sunday 6/20/04:
  - Much wire brushing the inside of accel column cleared them.
  - Vacuum fitting fails
- Monday 6/21/04
  - Machining new vacuum fitting
  - Getting a bore scope…..pushing to the max VG energies is drawing large currents in the pipe outside the resistor chain. This may be making carbon/metal tracks on the glass ??