

Experimente zur Dunklen Materie

Johannes Veh

1. Juli 2010

Inhaltsverzeichnis

- 1 Kandidaten für dunkle Materie
- 2 Axion
- 3 Experimentelle Methoden-WIMPs
- 4 Experimente-WIMPs

Kandidaten für dunkle Materie

- 'Dunkle' Baryonische Materie
- Heiße Dunkle Materie
 - Neutrinos
- Kalte Dunkle Materie
 - Axion
 - WIMPs

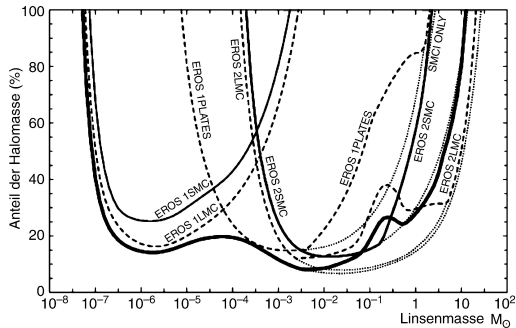
Baryonische Materie

Mögliche Kandidaten

Braune Zwerge

Staubwolken

MACHOs(Massive Astrophysical Compact Halo Object)



http://pulsar.sternwarte.uni-erlangen.de/wilms/teach/astrosem_ss10/scherl.pdf

Heiße Dunkle Materie

Neutrinos

Durch Simulationen

hohe Geschwindigkeit sorgt für zu starke Dispersion nach Urknall

Heutige Strukturbildung damit nicht erklärbar

Verursachen Top-Down-Szenario d.h. große Strukturen bilden sich vor kleinen
Galaxienhaufen → Galaxien → Sterne

Widerspricht da Bottom-Up-Szenario als bewiesen gilt

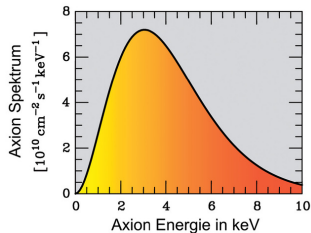
Axion

Axion

kommt aus Quantenchromodynamik

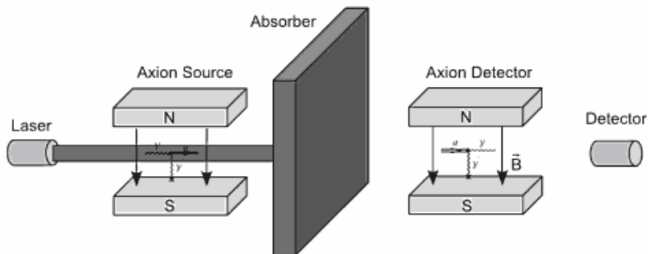
Eigenschaften:

- freie Weglänge $10^{22} m \hat{=} 10 \varnothing$ der Milchstraße
- $10^{-6} eV < m_a < 10^{-3} eV$ Stand 2007
- Lebensdauer $\geq 10^{25} s$ (Alter des Universums $4,3 * 10^{17} s$)



Nachweis Experimente

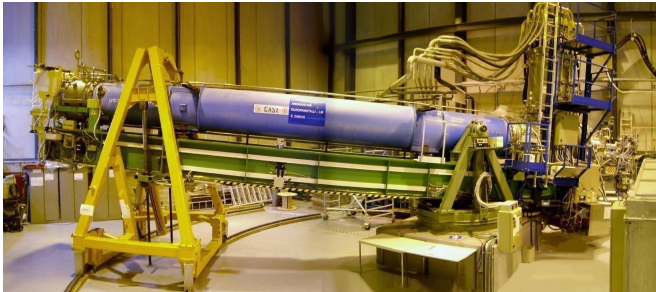
- Light through wall Experimente
- Erdbunden Primakoff-Teleskope (zB. CAST)
- Röntgen Satelliten Experimente



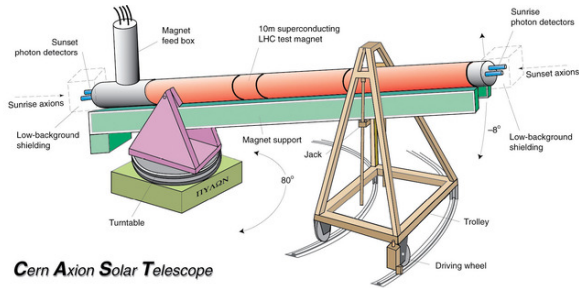
Axions: Theory, Cosmology, and Experimental Searches



CAST (Cern Axion Solar Telescop)



http://cast.web.cern.ch/CAST/images/CAST_Magnet.JPG



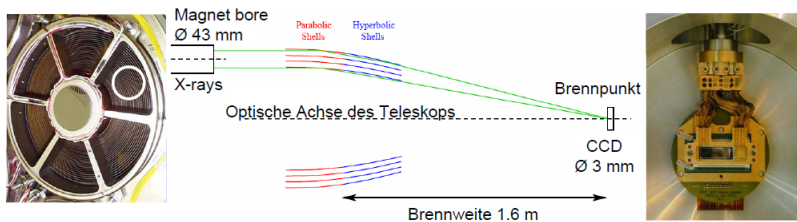
http://www.weltderphysik.de/_img/article_large/KAT/kat55a_rdx_240x126_80.jpg

Technische Daten

$$\left. \begin{array}{l} B = 9.0 \text{ Tesla} \\ L = 9.3 \text{ Meter} \end{array} \right\} B^2 L^2 \approx 7000 T^2 m^2$$

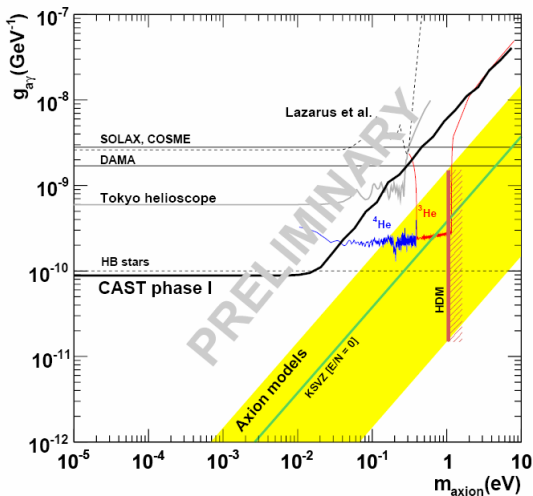
T=1.8° Kelvin

Messdauer: 2 mal 1,5 Std pro Tag



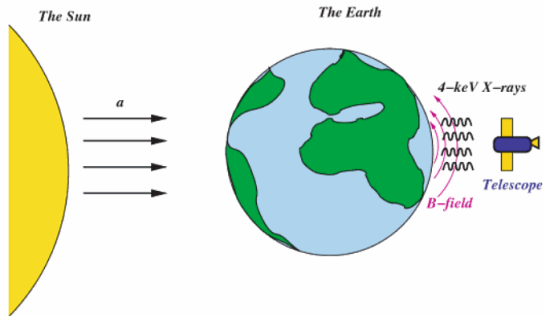
http://www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2008/teilnehmer_vortraege/Vogel-Julia.pdf

Wolter-I-Type Teleskop (Prototyp der ABRIXAS-Mission)
pn-CCD (Prototyp der XMM-Newton-Mission)



http://www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2008/teilnehmer_vortraege/Vogel-Julia.pdf

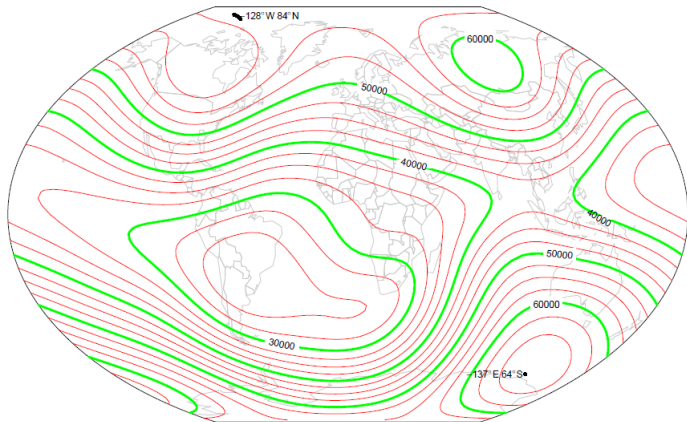
GECOSAX (GEomagnetic COnversion of Solar Axions to X-rays)



Axions: Theory, Cosmology, and Experimental Searches

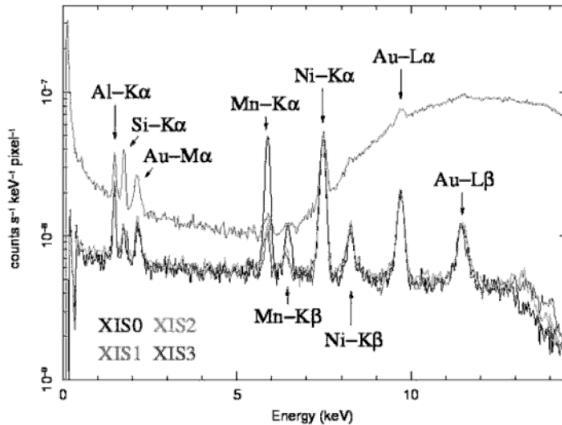
Technische Daten

$$\left. \begin{array}{l} B = 30 \mu \text{Tesla} \\ L = 600 \text{km} \end{array} \right\} B^2 L^2 \approx 320 T^2 m^2$$



in nT

http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/0804/0804.3543v2.pdf



Hintergrundstrahlung auf der Nachtseite der Erde (gemessen von Suzaku, 800ks)

Axions: Theory, Cosmology, and Experimental Searches

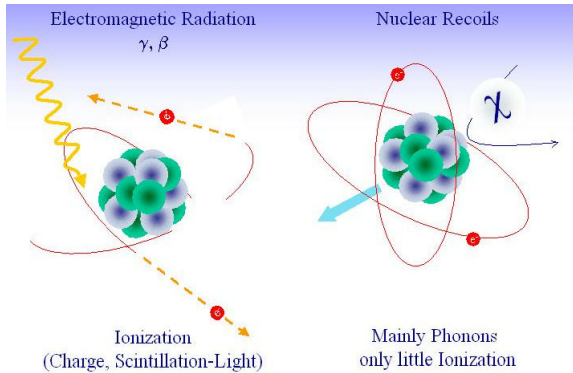
WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles)

WIMPs

LSP (Lightest Supersymmetric Particle)

$10 \text{ GeV} < m < 1000 \text{ GeV}$

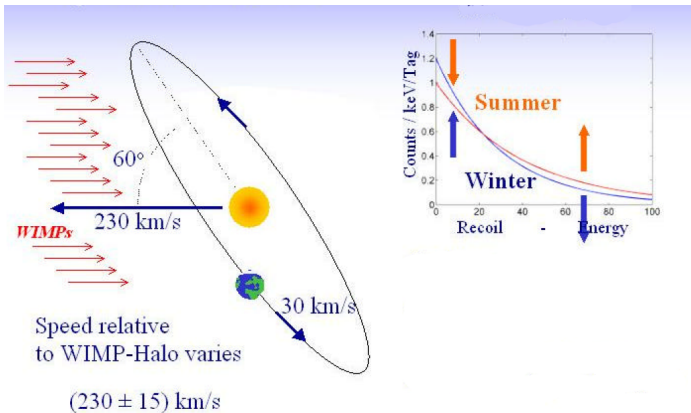
Ungeladen (nur schwache Wechselwirkung)



Nachweismethoden

Ionisation
Szintillation
Kryogen

Wieviel Energieübertrag erwarten wir?



$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} * (\text{wenige GeV}) * \left(\frac{300 \frac{\text{km}}{\text{s}}}{300000 \frac{\text{km}}{\text{s}}} \right)^2 = \text{wenige keV}$$

Ereignisrate

Erwartete Ereignisrate

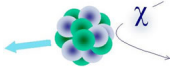
$$R_{WIMP} \ll 0.1 \frac{1}{\text{kgTag}}$$

$$R_{Body} \approx 8000 \frac{1}{\text{s}} \text{ aus } ^{14}\text{C} \text{ und } ^{40}\text{K} \text{ Zerfall}$$

$$R_{Radon} \approx 7000 \frac{1}{\text{m}^2\text{s}}$$

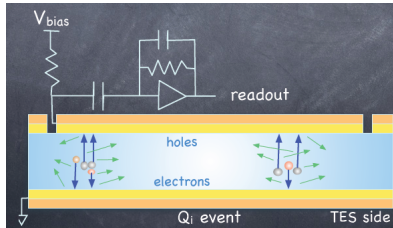
⇒ aktive und passive Abschirmung gegen Hintergrund nötig!!

Ionisations Detektoren

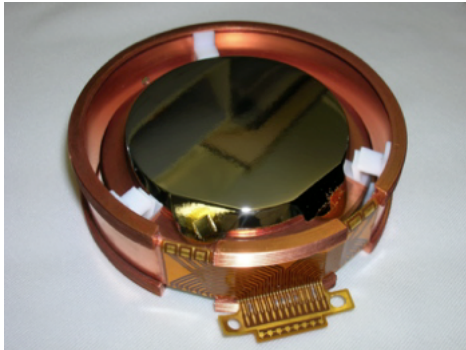


http://www.astroteilchenphysik.de/grafik/dmcr_scattering_s.jpg

WIMP Rückstoß erzeugt e^- Lochpaare
Durch Anlegen einer Spannung erzeugen diese einen messbaren Strompuls

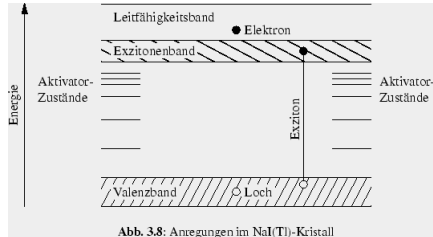


http://www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2006/dozenten_vortraege/Baudis-Laura-2a.pdf



http://edelweiss2.in2p3.fr/images/detect_zoom1.png

Szintillations Detektoren



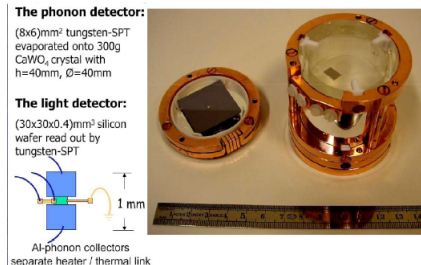
<http://www.mppmu.mpg.de/~rwagner/skript/img679.gif>

Funktionsweise

WIMP Rückstoß erzeugt e^- Lochpaare
 e^- Wandern zu Aktivator Atomen
Emission von Photonen

Anforderung an Szintillator Material

Effizienz im Wandeln von kinetischer Energie in Photonen
Transparenz für Emittiertes Licht
Kurze Abklingzeit



http://www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2006/dozenten_vortraege/Baudis-Laura-2a.pdf

Kryogen Detektoren

Warum messen bei tiefen Temperaturen?

$$c = \frac{4\pi^4}{5} \frac{k_b}{m} \frac{T^3}{\Theta_D}$$

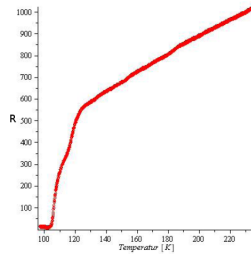
Θ_D Debye-Temperatur

Beispiel: CRESST-Experiment

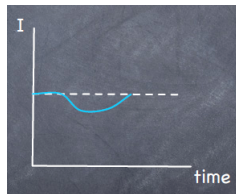
$M = 262g(Al_3O_2) \rightarrow m = 1.69 \times 10^{-25} kg$; $\Theta_D = 1041K$; $T = 15mK$;
 $\Delta E = 1keV$

$$\Delta T = \frac{\Delta E}{Mc} \sim \frac{1}{T^3}$$

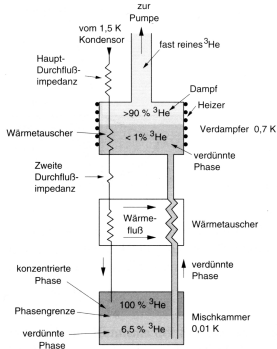
$$\Delta T \approx 31\mu K$$



FP: Supraleitung



http://www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2006/dozenten_vortraege/Baudis-Laura-1.pdf



Entalpie unterscheidet sich in den Phasen

$$H_{100\% \text{ } ^3\text{He}} > H_{6.5\% \text{ } ^3\text{He in } ^4\text{He}}$$

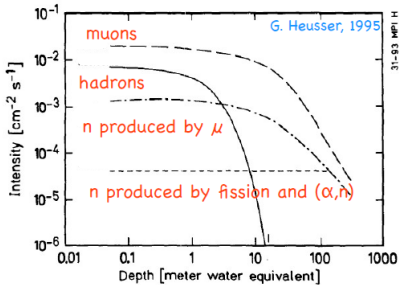
Kühlt das System mit

$$\Delta Q = -84 T^2 \frac{\text{J}}{\text{K}^2} \text{mol}^{-1}$$

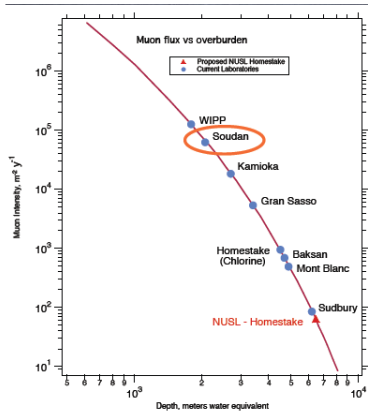
Vorlesung Experimentelle Techniken WS09/10 Prof. Dr. Weber

Passive Abschirmung

Standortwahl als Schutz vor Myonen
 ($3,2 * 10^8 m^{-2} y^{-1}$ kosmischer Fluss
 auf NN)



http://www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2006/dozenten_vortraege/Baudis-Laura-1.pdf



http://www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2006/dozenten_vortraege/Baudis-Laura-2a.pdf

Neutronen

H-haltige Verbindungen zum Moderieren

- Polyethylen $[C_2H_4]_n$
- Paraffin Wachs C_nH_{2n+2}

Cadmium als Neutronen Absorber

α -, β -, γ -Strahlung

Standortwahl
 Kupfer, Blei
 Beton

Isotope					
Isotop	NH	$t_{1/2}$	ZM	ZE MeV	ZP
^{106}Cd	1,25 %	Stabil			
^{107}Cd	{syn.}	6,50 h	ϵ	1,417	^{107}Ag
^{108}Cd	0,89 %	Stabil			
^{109}Cd	{syn.}	462,6 d	ϵ	0,214	^{109}Ag
^{110}Cd	12,49 %	Stabil			
^{111}Cd	12,8 %	Stabil			
^{112}Cd	24,13 %	Stabil			
^{113}Cd	12,22 %	$7,7 \cdot 10^{15} \text{ a}$	β^-	0,316	^{113}In
^{113}Cd	{syn.}	14,1 a	β^-	0,580	^{113}In
^{114}Cd	28,73 %	Stabil			
^{115}Cd	{syn.}	53,46 h	β^-	1,446	^{115}In
^{116}Cd	7,49 %	$(3,0 \pm 0,3) \cdot 10^{19} \text{ a}$	$\beta^- \beta^-$		^{116}Sn

<http://de.wikipedia.org/wiki/Cadmium>

Aktive Abschirmung

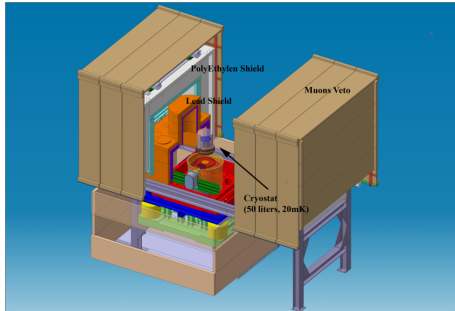
Myon-Veto

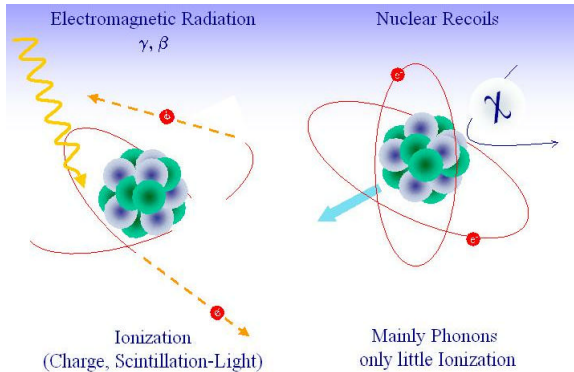
Plastik Gehäuse

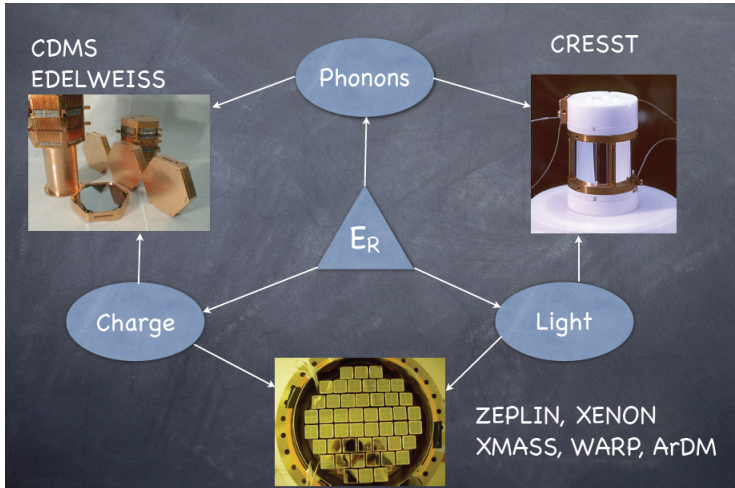
Nachweis von Myonen durch Cherenkov-Licht

Szintillator Gehäuse

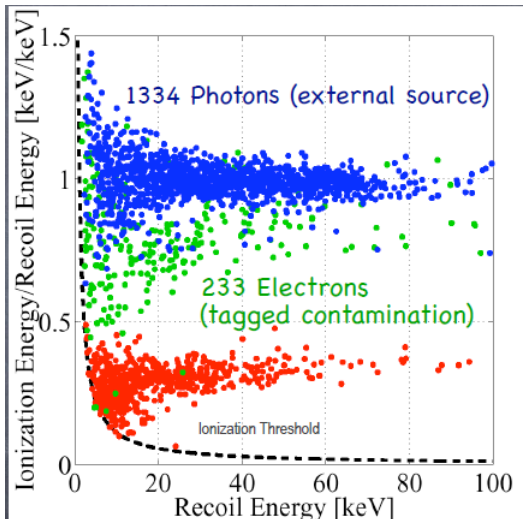
Nachweis durch Szintillation

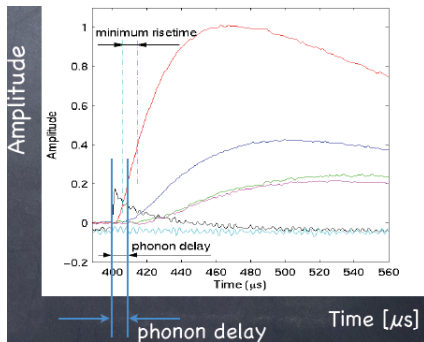
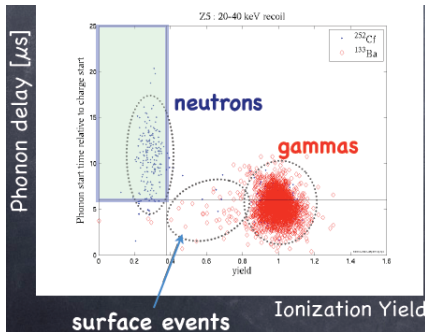






www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2006/dozenten_vortraege/Baudis-Laura-1.pdf





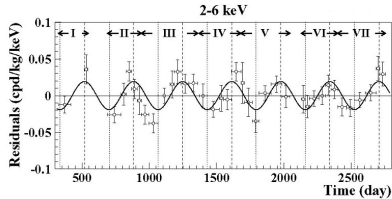
www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2006/dozenten_vortraege/Baudis-Laura-2a.pdf

Übersicht über laufende Experimente

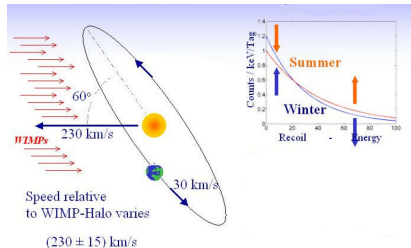
Projekt	Ort	Beginn	Diskrimination	Detektortyp	Material	Masse kg
UKDMC	Boulby (Engl.)	1997	keine	Szintillation	Natriumjodid	5
DAMA	Gran Sasso (Ital.)	1998	keine	Szintillation	Natriumjodid	100
ROSEBUD	Cnfranc (Span.)	1999	thermisch	Kryogen	Aluminiumoxid	0.05
PICASSO	Sudbury (Kan.)	2000	keine	Tropfchen	Freon	0.001
CRESST I	Gran Sasso (Ital.)	2000	thermisch	Kryogen	Calcium-Wolframoxid	10
SIMPLE	Rustel (Fra.)	2001	keine	Tropfchen	Freon	0.001
DRIFT	Boulby (Engl.)	2001	Richtung	Ionisation	Schwefelwasserstoff	0.16
Edelweiss	Frejus (Fra.)	2001	Ionisation, thermisch	Kryogen	Germanium	1.3
ZEPLIN I	Boulby (Engl.)	2001	Zeit	Szintillation	Flüssiges Xenon	30
HDMS	Gran Sasso (Ital.)	2001	Zeit	Ionisation	Ge-73	0.2
CDMS II	Soudan (USA)	2003	Ionisation, thermisch	Kryogen	Sizilium, Germanium	7
ZEPLIN II	Boulby (Engl.)	2003	Ionisation, Szintillation	Szintillation	Flüssiges Xenon	30
GENIUS-TF	Gran Sasso (Ital.)	2003	keine	Ionisation	Germanium	10
CRESST II	Gran Sasso (Ital.)	2004	Szintillation, thermisch	Kryogen	Calcium-Wolframoxid	10

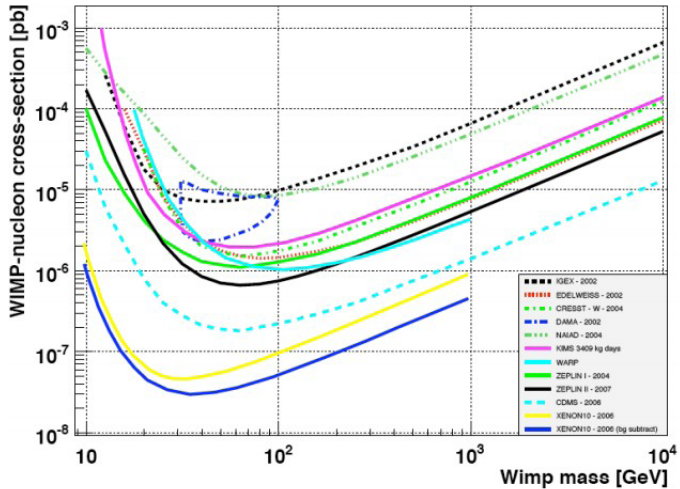
<http://www.ecap.physik.uni-erlangen.de/~katz/ws04/atp/talks/vb/VB.pdf>

Ergebnisse

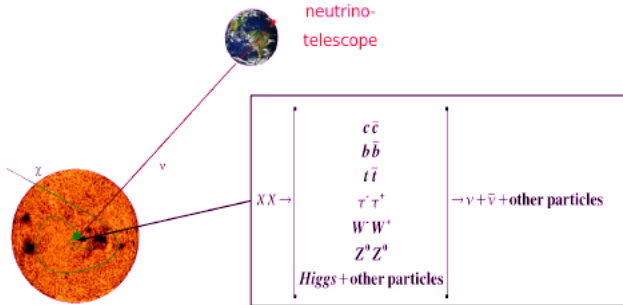


Vorlesung Astroteilchenphysik WS09/10 Prof. Dr. Katz



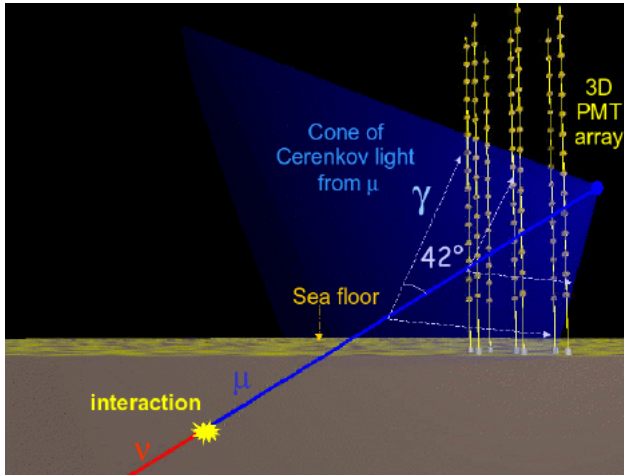


<http://www.ecap.physik.uni-erlangen.de/~katz/ws08/atp/talks/1/CS/CS.pdf>



http://www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2008/teilnehmer_vortraege/Motz-Holger.pdf

ANTARES



http://www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2008/teilnehmer_vortraege/Motz-Holger.pdf



CAST: <http://cast.web.cern.ch/CAST/>



Welt der Physik: <http://www.weltderphysik.de/>



DAMA: <http://people.roma2.infn.it/~6dama/web/home.html>



Axions: Theory, Cosmology, and Experimental Searches:
ISBN:978-3-540-73517-5



Vorlesung Astroteilchen Physik WS09/10 Prof. Dr. Katz
<http://www.ecap.physik.uni-erlangen.de/~katz/ws09/vat/>



Homepage Prof. Dr. Gerhardt Uni Regensburg http://www.physik.uni-regensburg.de/forschung/wegscheider/gebhardt_files/skripten/




Schule für Astroteilchenphysik der Uni Erlangen
<http://www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2010/index.html>

[http://timms.uni-tuebingen.de/List/List01.aspx?rpattern=UT_20050___00\[12\]_astrophys_000_](http://timms.uni-tuebingen.de/List/List01.aspx?rpattern=UT_20050___00[12]_astrophys_000_)

WANTED

Dark Matter Particles



- roughed up some atoms
- does hardly interact
- does not ionize