

MATTER			FORCE	
u	c	t	γ	g
d	s	b	W	Z
Quarks			Gauge Bosons	
ν_e	ν_μ	ν_τ	H	
e	μ	τ	Higgs Boson	
Leptons			THE STANDARD MODEL OF PARTICLES AND FORCES	
IS THIS ALL THAT EXISTS?				

PARTÍCULAS

un mundo dentro de cada átomo

¿CAOS O CAPRICHOS?



¿CAOS O CAPRICHOS?



¿CAOS O CAPRICHOS?



¿CAOS O CAPRICHOS?



NATIONAL GEOGRAPHIC
Photograph by Kara Swanson, My Shot

© COPYRIGHT KARA SWANSON. ALL RIGHTS RESERVED.

¿CAOS O CAPRICHOS?



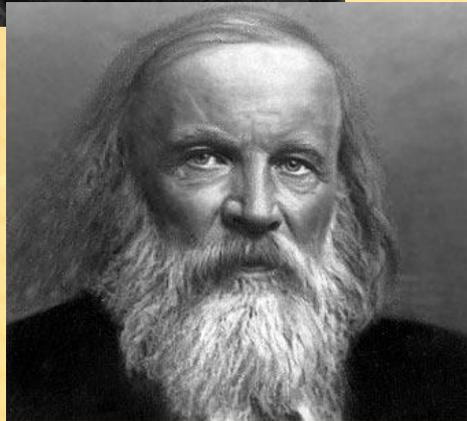
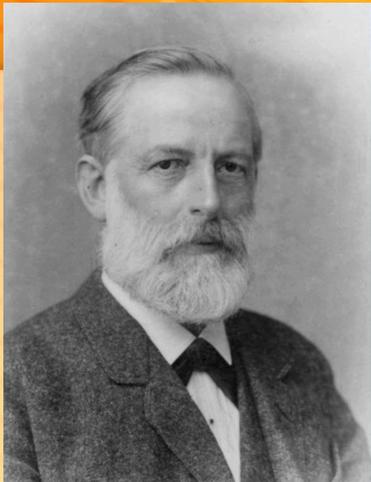
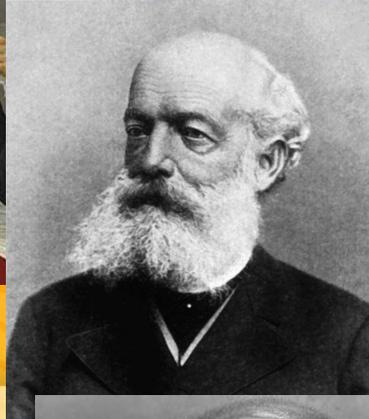
NATIONAL GEOGRAPHIC
Photograph by Kara Swanson, My Shot

© COPYRIGHT KARA SWANSON. ALL RIGHTS RESERVED.

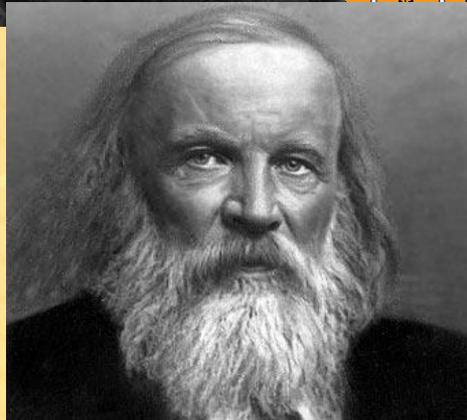
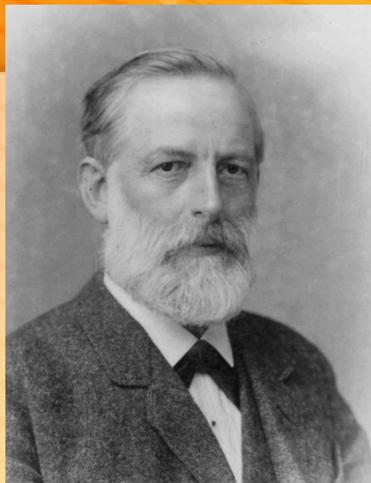
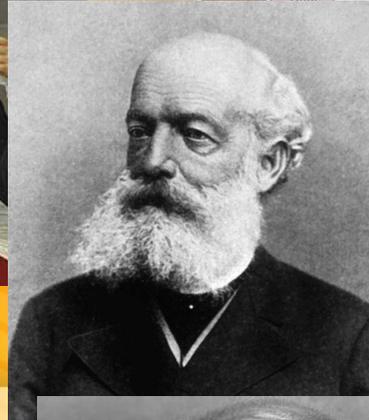
¿CAOS O CAPRICHOS?



PASIÓN POR EL ORDEN



PASIÓN POR EL ORDEN



KEY

- Alkali metals
- Alkali-earth metals
- Transition metals
- Rare earths
- Radioactive rare earths
- Other metals
- Semimetals
- Non-metals
- Noble gases
- Hydrogen

1 H Hydrogen 1																	2 He Helium 4
3 Li Lithium 7	4 Be Beryllium 9											5 B Boron 11	6 C Carbon 12	7 N Nitrogen 14	8 O Oxygen 16	9 F Fluorine 19	10 Ne Neon 20
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium											13 Al Aluminum 27	14 Si Silicon 28	15 P Phosphorus 31	16 S Sulphur 32	17 Cl Chlorine 35	18 Ar Argon 40
22 Ti Titanium 48	23 V Vanadium 51	24 Cr Chromium 52	25 Mn Manganese 55	26 Fe Iron 56	27 Co Cobalt 59	28 Ni Nickel 58	29 Cu Copper 63	30 Zn Zinc 64	31 Ga Gallium 69	32 Ge Germanium 74	33 As Arsenic 75	34 Se Selenium 80	35 Br Bromine 79	36 Kr Krypton 84			
40 Zr Zirconium 90	41 Nb Niobium 93	42 Mo Molybdenum 98	43 Tc Technetium 97	44 Ru Ruthenium 102	45 Rh Rhodium 103	46 Pd Palladium 106	47 Ag Silver 107	48 Cd Cadmium 114	49 In Indium 115	50 Sn Tin 120	51 Sb Antimony 121	52 Te Tellurium 130	53 I Iodine 127	54 Xe Xenon 132			
72 Hf Hafnium 180	73 Ta Tantalum 181	74 W Tungsten 184	75 Re Rhenium 187	76 Os Osmium 192	77 Ir Iridium 193	78 Pt Platinum 195	79 Au Gold 197	80 Hg Mercury 202	81 Tl Thallium 205	82 Pb Lead 208	83 Bi Bismuth 209	84 Po Polonium 209	85 At Astatine 210	86 Rn Radon 222			
104 Unq Unnilquadium 260	105 Unp Unnilpentium 262	106 Unh Unnilhexium 263	107 Uns Unnilseptium 262	108 Uno Unniloctium 265	109 Une Unnilennium 266												
60 Nd Neodymium 144	61 Pm Promethium 145	62 Sm Samarium 152	63 Eu Europium 153	64 Gd Gadolinium 158	65 Tb Terbium 159	66 Dy Dysprosium 164	67 Ho Holmium 165	68 Er Erbium 168	69 Tm Thulium 169	70 Yb Ytterbium 174	71 Lu Lutetium 175						
93 Lr Lawrencium 261	94 Pu Plutonium 244	95 Am Americium 243	96 Cm Curium 247	97 Bk Berkelium 247	98 Cf Californium 251	99 Es Einsteinium 254	100 Fm Fermium 257	101 Md Mendelevium 258	102 No Nobelium 255	103 Lr Lawrencium 256							

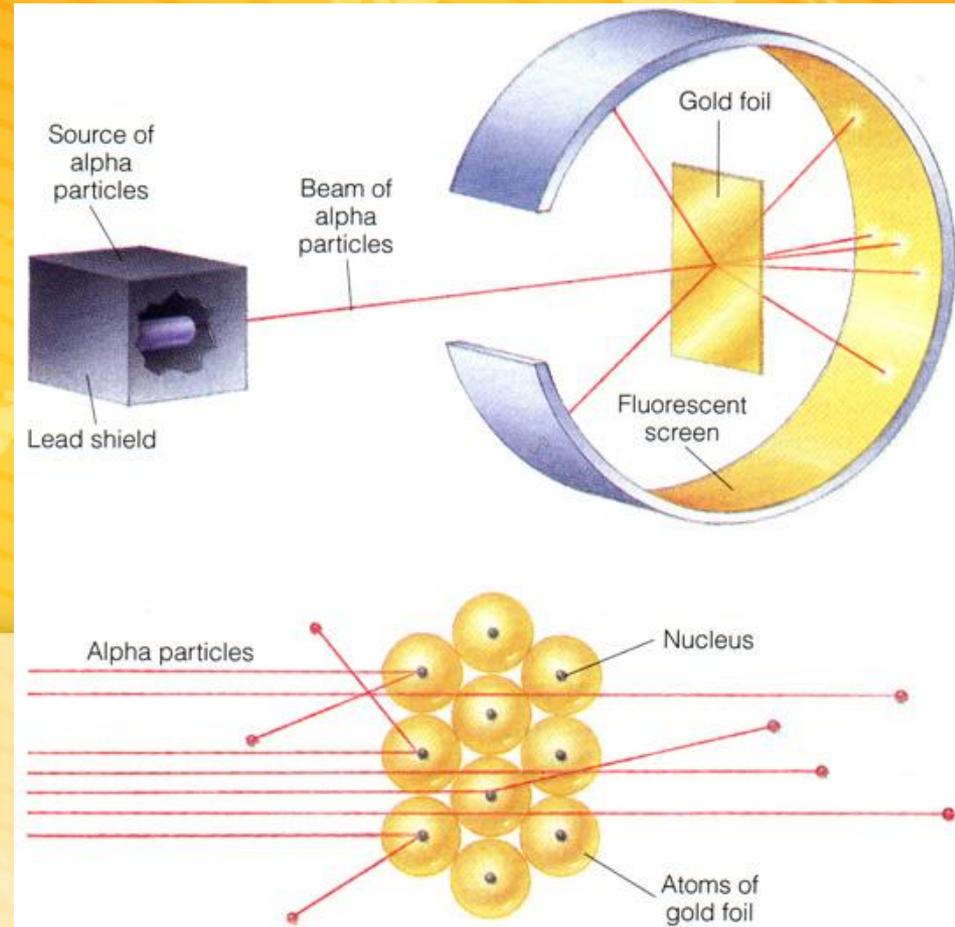
Las propiedades de las sustancias no son arbitrarias: al contrario, hay mucho *orden* en ellas.

MIRAR DENTRO DEL ÁTOMO

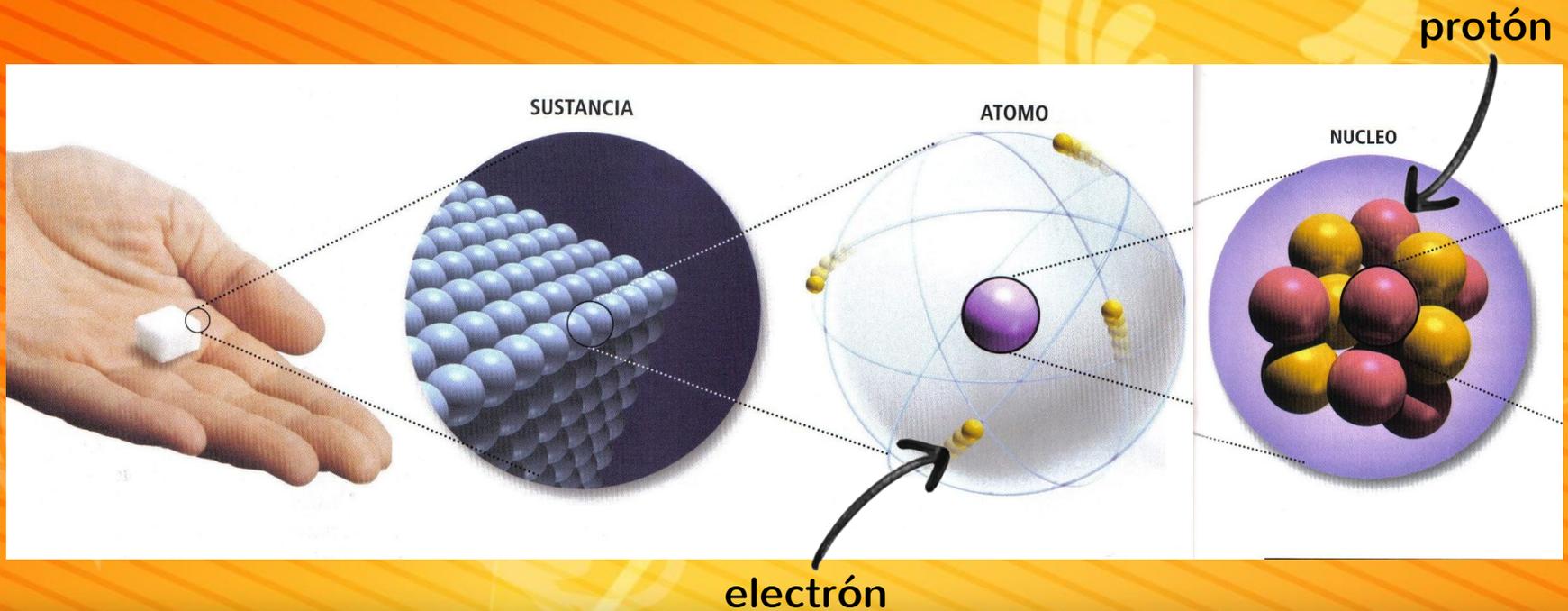


Los experimentos de J.J. Thomson demostraron que había una partícula, el **electrón**, mucho menor que cualquier átomo imaginable.

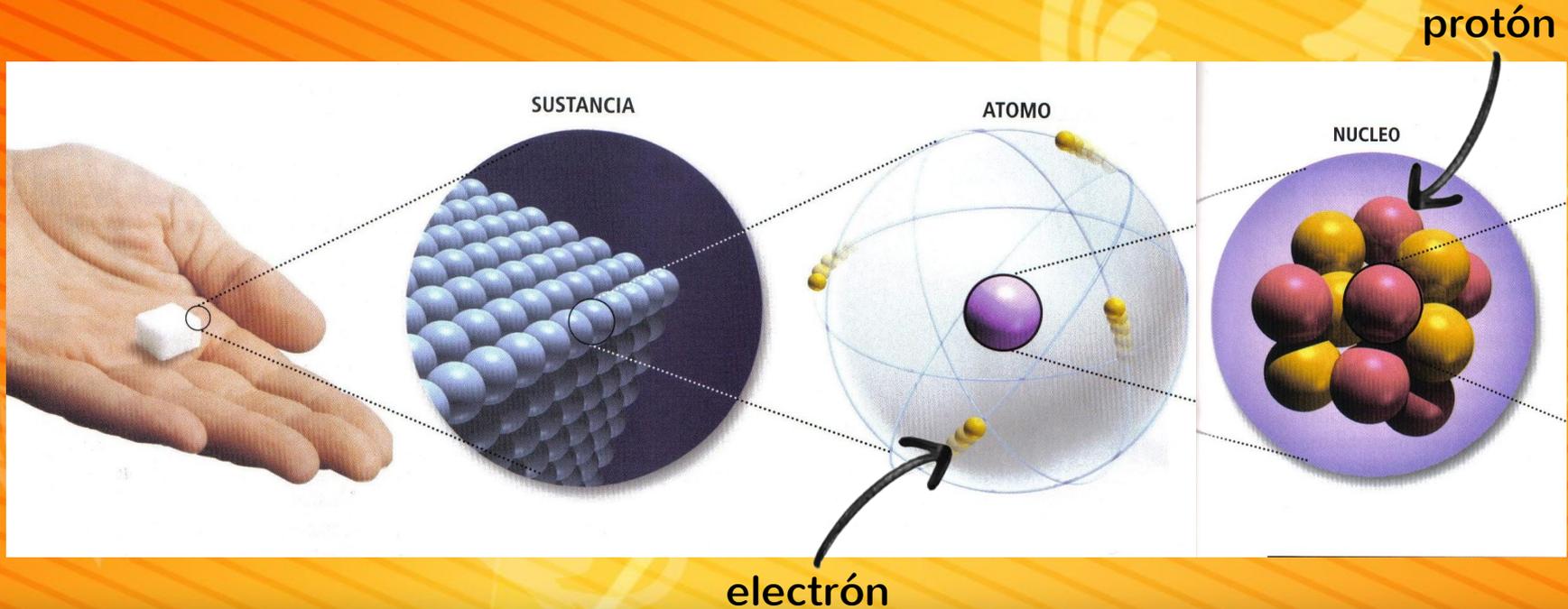
El experimento de **Rutherford** mostró que las cargas dentro del átomo estaban *ordenadas*, con las positivas en un **núcleo** y las negativas a su alrededor.



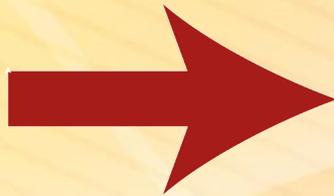
VIAJE HACIA LO MINÚSCULO



VIAJE HACIA LO MINÚSCULO



KEY																	
Alkali metals		Alkali earth metals		Transition metals		Rare earths		Radioactive rare earths		Other metals		Semimetals		Non-metals		Noble gases	
1 H Hydrogen	2 He Helium	3 Li Lithium	4 Be Beryllium	5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon	11 Na Sodium	12 Mg Magnesium	13 Al Aluminum	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon
55 Cs Cesium	56 Ba Barium	57-71 Lanthanides	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89-103 Actinides	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Bh Bohrium	107 Hs Hassium	108 Mt Meitnerium	109 Uu Ununennium	110 Uu Unbinilium	111 Uu Untrium	112 Uu Unquadrium	113 Uu Unquadium	114 Uu Unpentium	115 Uu Unseptium	116 Uu Unhexium	117 Uu Unheptium	118 Uu Unoctium
119 Uu Unennium	120 Uu Unbinilium	121 Uu Untrium	122 Uu Unquadrium	123 Uu Unquadium	124 Uu Unpentium	125 Uu Unseptium	126 Uu Unhexium	127 Uu Unheptium	128 Uu Unoctium	129 Uu Unnonium	130 Uu Undecium	131 Uu Undecium	132 Uu Unduim	133 Uu Untridecium	134 Uu Unquadrupium	135 Uu Unpentupium	136 Uu Unsexupium
137 Uu Unseptupium	138 Uu Unoctupium	139 Uu Unnonupium	140 Uu Undecupium	141 Uu Undecupium	142 Uu Untridecupium	143 Uu Unquadrupium	144 Uu Unpentupium	145 Uu Unsexupium	146 Uu Unseptupium	147 Uu Unoctupium	148 Uu Unnonupium	149 Uu Undecupium	150 Uu Undecupium	151 Uu Untridecupium	152 Uu Unquadrupium	153 Uu Unpentupium	154 Uu Unsexupium
155 Uu Unseptupium	156 Uu Unoctupium	157 Uu Unnonupium	158 Uu Undecupium	159 Uu Undecupium	160 Uu Untridecupium	161 Uu Unquadrupium	162 Uu Unpentupium	163 Uu Unsexupium	164 Uu Unseptupium	165 Uu Unoctupium	166 Uu Unnonupium	167 Uu Undecupium	168 Uu Undecupium	169 Uu Untridecupium	170 Uu Unquadrupium	171 Uu Unpentupium	172 Uu Unsexupium
173 Uu Unseptupium	174 Uu Unoctupium	175 Uu Unnonupium	176 Uu Undecupium	177 Uu Undecupium	178 Uu Untridecupium	179 Uu Unquadrupium	180 Uu Unpentupium	181 Uu Unsexupium	182 Uu Unseptupium	183 Uu Unoctupium	184 Uu Unnonupium	185 Uu Undecupium	186 Uu Undecupium	187 Uu Untridecupium	188 Uu Unquadrupium	189 Uu Unpentupium	190 Uu Unsexupium

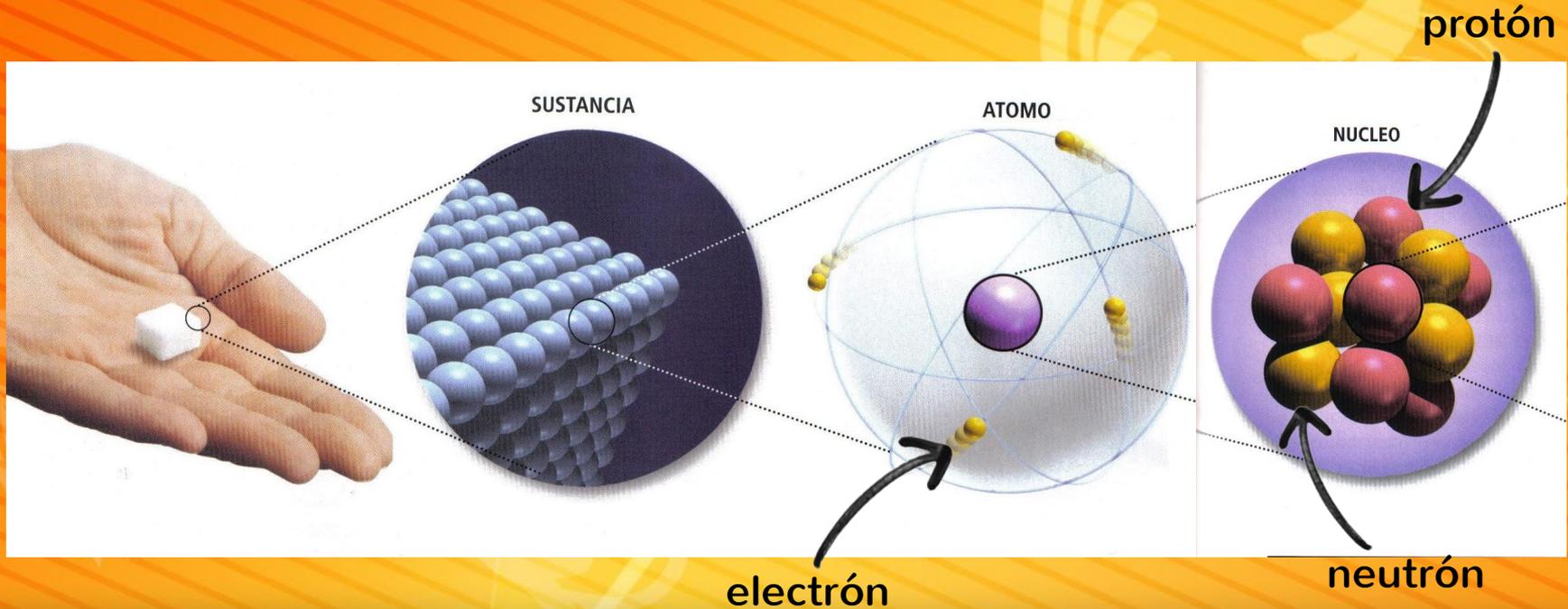


Electrones
Protones
Electromagnetismo

¡Sólo 3 elementos!

Más de 100 elementos

VIAJE HACIA LO MINÚSCULO



KEY																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
All metals						Other metals						Semimetals																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Alkali earth metals						Transition metals						Non-metals																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Rare earths						Radioactive rare earths						Hydrogen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000

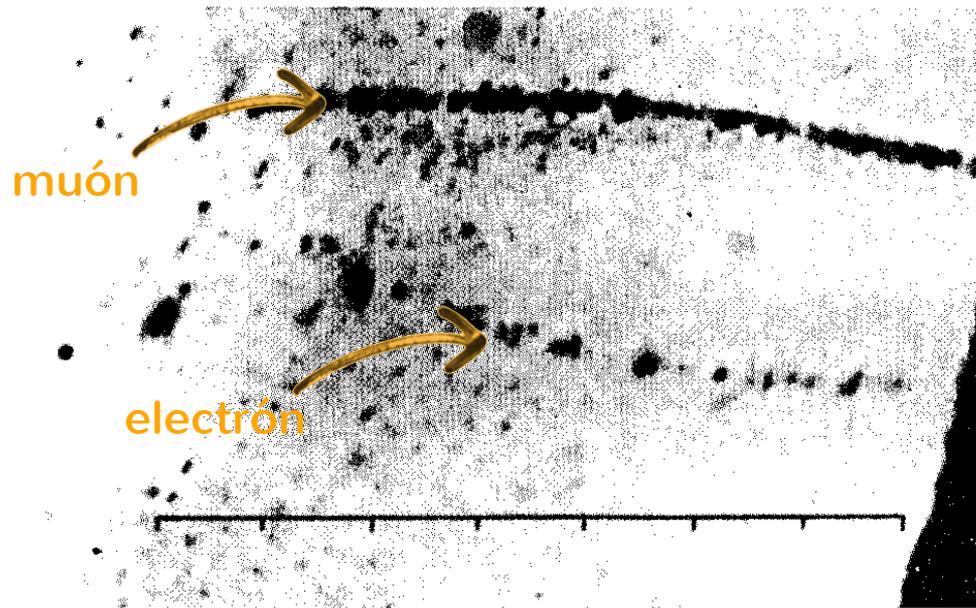


Electrones
 Protones, neutrones
 Electromagnetismo

Sólo 4 elementos (!)

Más de 100 elementos

VISITANTES INESPERADOS



"The other double trace of the same type (figure 5) shows closely together the thin trace of an electron of 37 MeV, and a much more strongly ionizing positive particle with a much larger bending radius. The nature of this particle is unknown; for a proton it does not ionize enough and for a positive electron the ionization is too strong. The present double trace is probably a segment from a "shower" of particles as they have been observed by Blackett and Occhialini, i.e. the result of a nuclear explosion".

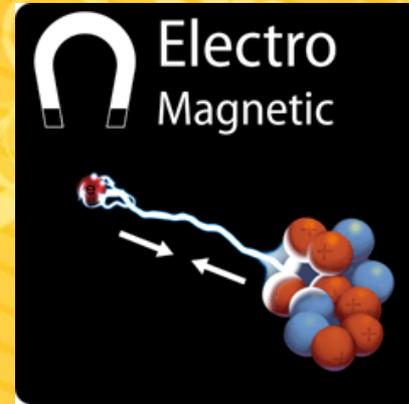
Kunze, P., Z. Phys. 83, (1933) 1

En la década de 1930 se descubre el **muón**, una partícula muy similar a un electrón pero con una masa mucho mayor.

Fue el primer indicio de la existencia de **familias**: las partículas conocidas tienen "primos", con las mismas propiedades pero una masa mucho mayor.

FUERZAS FUNDAMENTALES

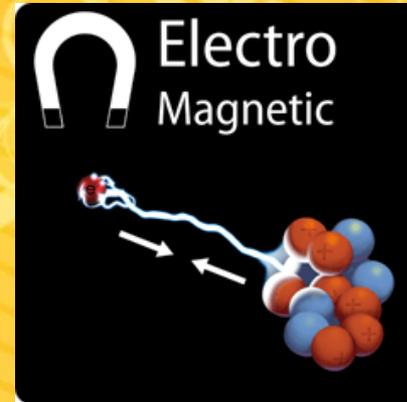
Gravedad



Electro-
magnetismo

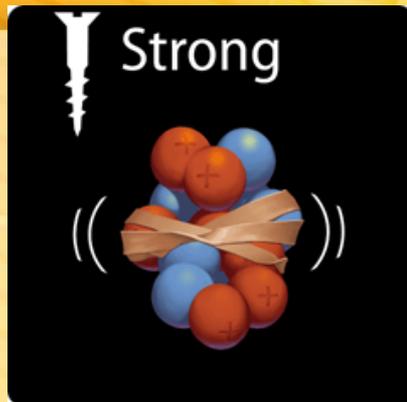
FUERZAS FUNDAMENTALES

Gravedad



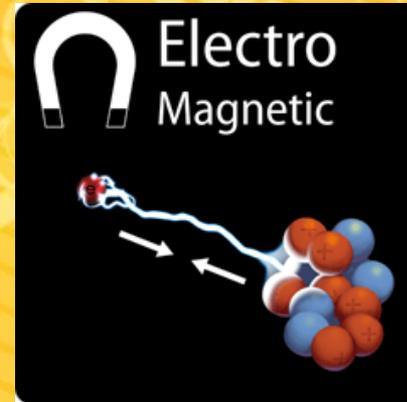
Electro-
magnetismo

Fuerza
nuclear
fuerte



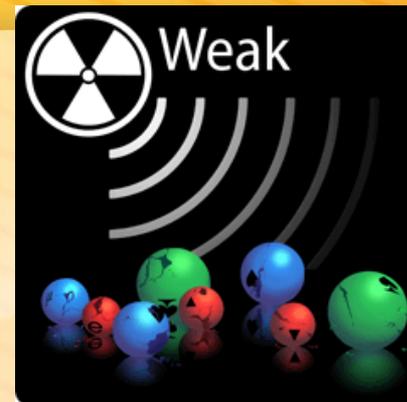
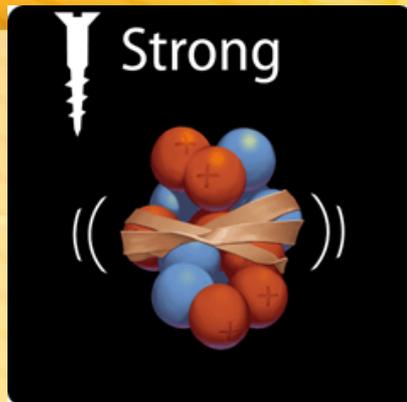
FUERZAS FUNDAMENTALES

Gravedad



Electro-
magnetismo

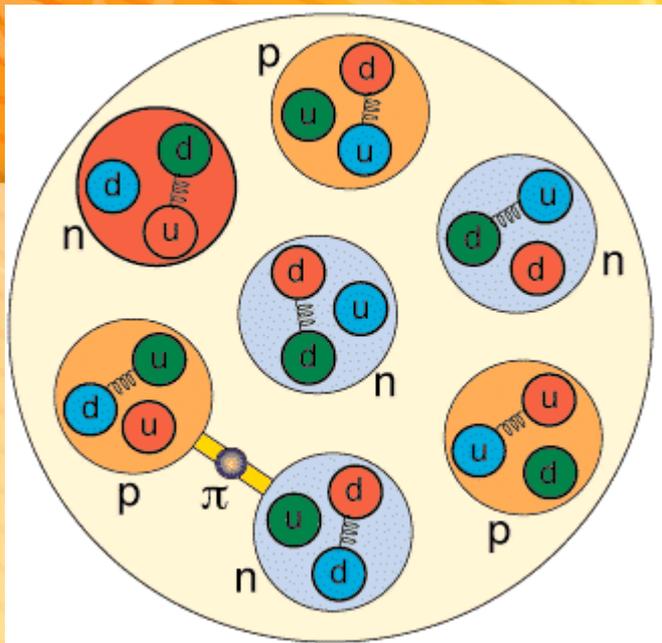
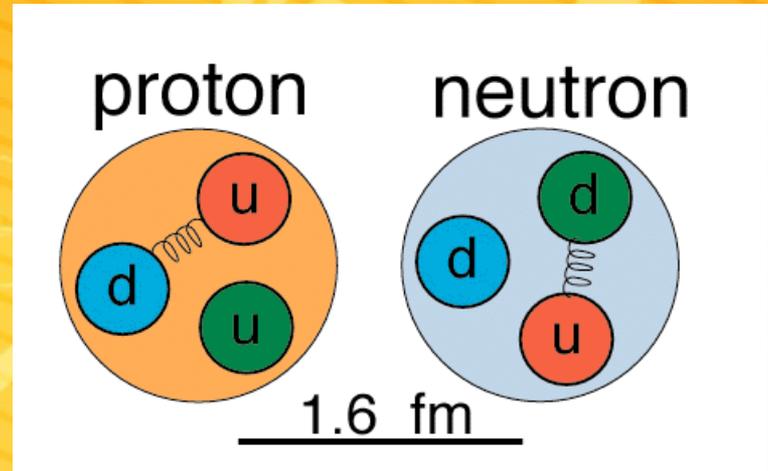
Fuerza
nuclear
fuerte



Fuerza
nuclear débil

DENTRO DE LAS PARTÍCULAS

El estudio de protones y neutrones condujo al descubrimiento de que no son partículas elementales, sino *compuestas*: formados por **quarks**, que son los verdaderos depositarios de la interacción fuerte.

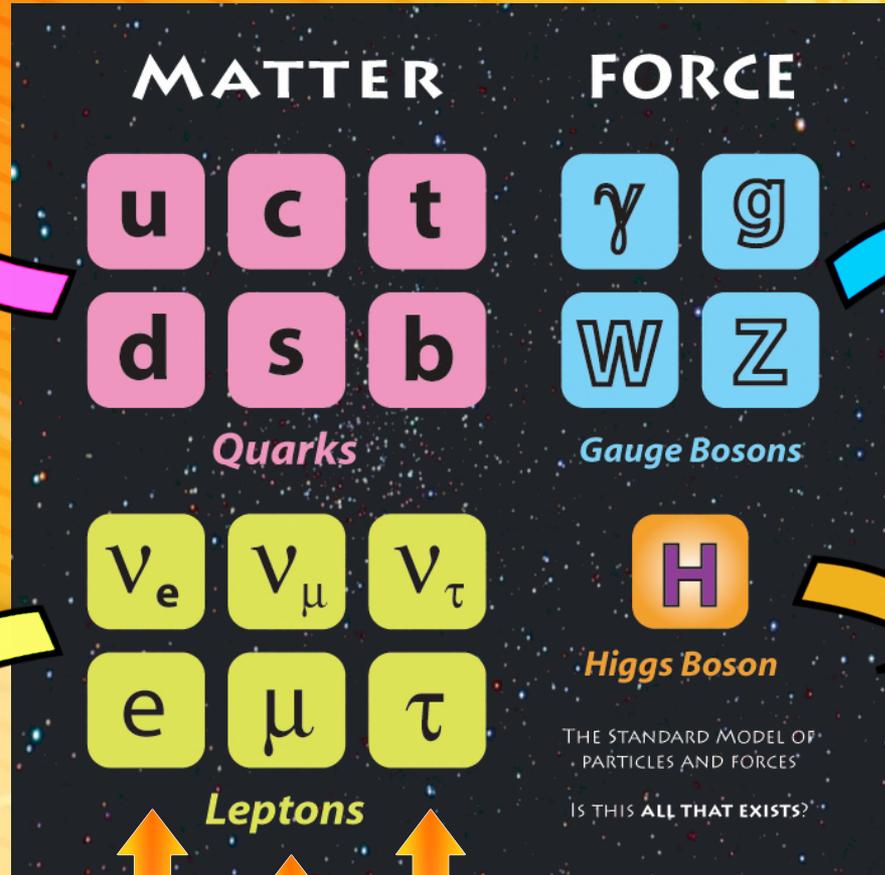


La interacción fuerte no deja que los quarks se separen demasiado, por eso están siempre encerrados dentro de otras partículas, llamadas **hadrones**. Este "encierro" es tan severo que incluso dentro del núcleo los protones y neutrones se comunican a través de otros hadrones, los piones.

MODELO ESTÁNDAR



MODELO ESTÁNDAR



- ▶ Forman hadrones
- ▶ Sienten la interacción fuerte



- ▶ Lo suyo es la interacción electromagnética y débil



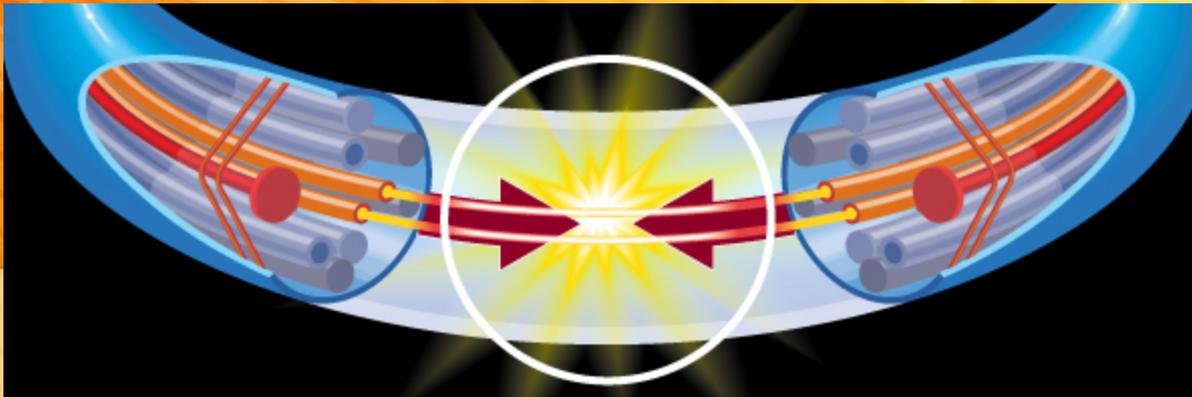
Tres familias



- ▶ La pieza maestra
- ▶ Diferente a las otras partículas
- ▶ Relacionado con la masa de las demás
- ▶ Sin él, bien podríamos tirar a la basura el modelo entero

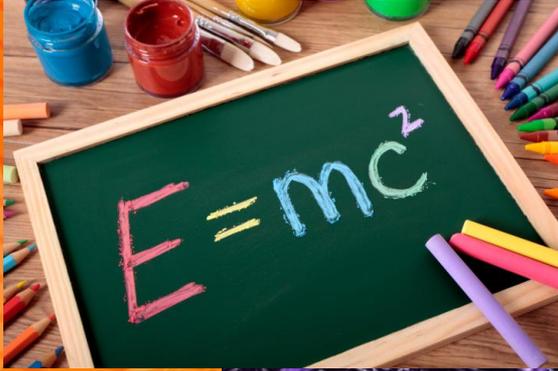
ACELERADORES DE PARTÍCULAS

Como la mayoría de estas partículas son inestables y no se encuentran dentro de los átomos hemos de diseñar maneras de producirlas para poder estudiarlas.



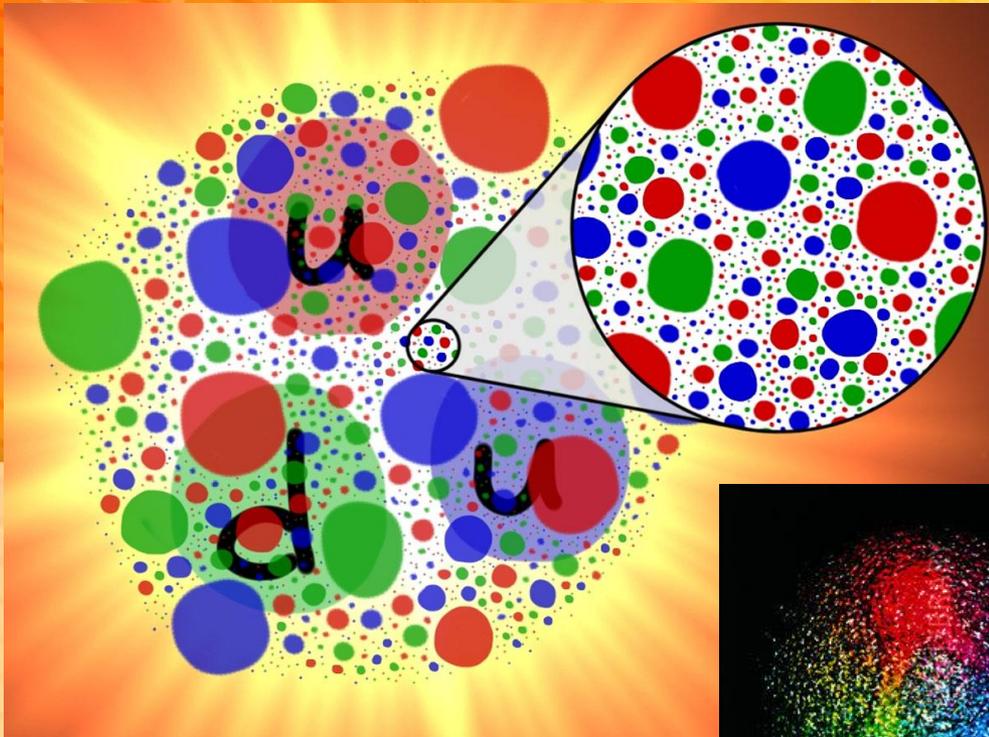
Una buena manera de conseguirlo es tratar de crearlas a partir de energía según la famosa fórmula de Einstein. En los aceleradores de partículas se da mucha velocidad a partículas que sí sabemos manejar y luego se las hace chocar, con la idea de que la energía del movimiento se convierta en masa.

ACELERADORES DE PARTÍCULAS



EL INTERIOR DEL PROTÓN

Las partículas aceleradas en el LHC son protones, y el resultado de los choques depende mucho de lo que hay dentro de éstos.



A menudo se dice que el protón está formado por **dos quarks u y un quark d**, pero esto es sólo una aproximación. Debido a la interacción fuerte ahí dentro hay muchos quarks y gluones en continuo movimiento.

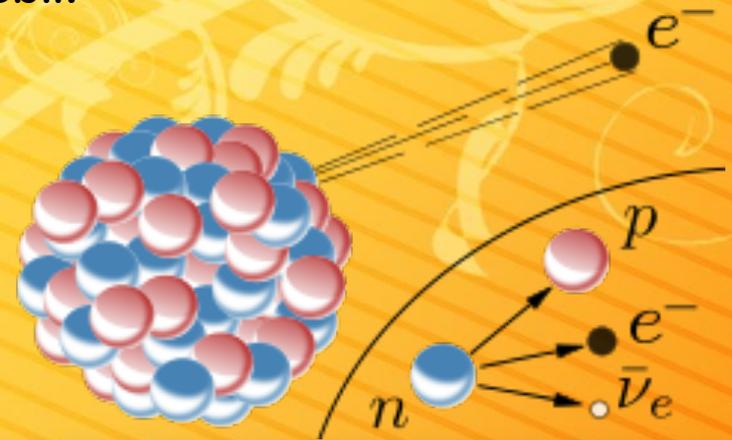


Quizá sería más exacto describir el protón como un **remolino de partículas** en el que los quarks u aparecen el doble de veces que los d.

BOSONES W

Los bosones W son unos de los intermediarios de la interacción débil. Tienen una masa muy grande, tanto como todo un átomo de rubidio, y por eso la interacción con la que se relacionan es tan débil.

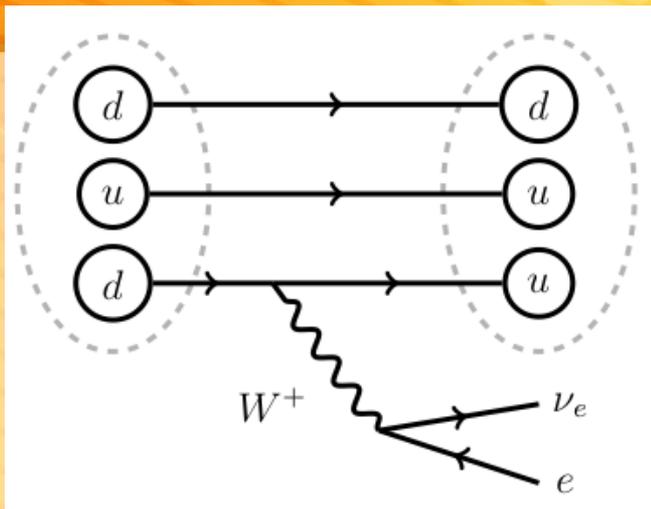
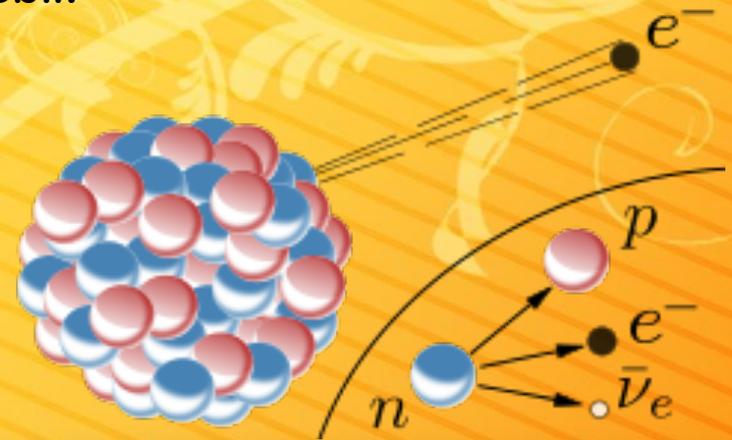
La **desintegración beta** es un proceso mediado por bosones W . En ella un neutrón se transforma en un protón y emite un electrón y un antineutrino.



BOSONES W

Los bosones W son unos de los intermediarios de la interacción débil. Tienen una masa muy grande, tanto como todo un átomo de rubidio, y por eso la interacción con la que se relacionan es tan débil.

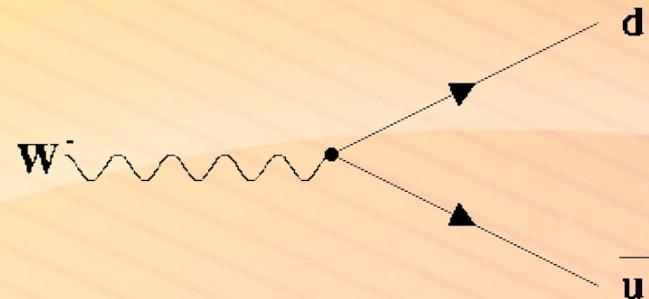
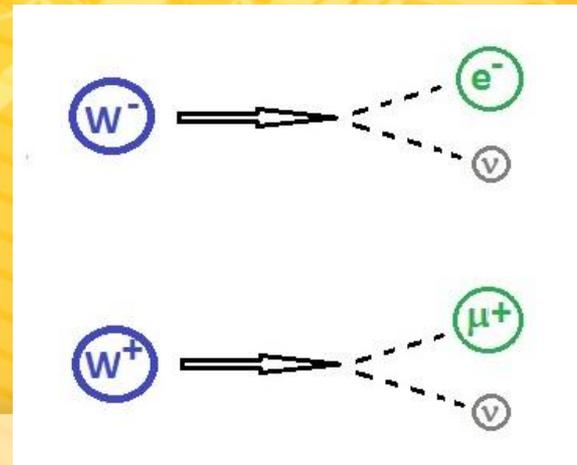
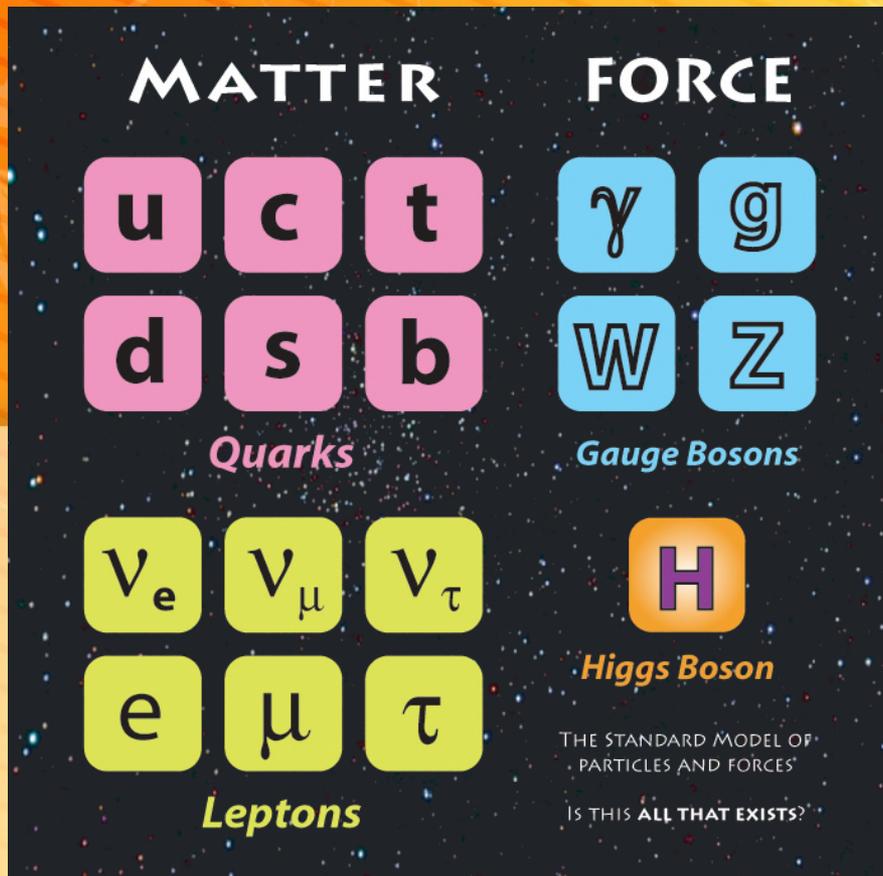
La **desintegración beta** es un proceso mediado por bosones W. En ella un neutrón se transforma en un protón y emite un electrón y un antineutrino.



Vista de cerca la desintegración beta se parece un poco más a esto: un bosón W se lleva la carga negativa de un quark d y lo transforma en un u, y poco después el W se desintegra a un electrón y su antineutrino.

BOSONES W

Los bosones W son unos de los intermediarios de la interacción débil. Tienen una masa muy grande, tanto como todo un átomo de rubidio, y por eso la interacción con la que se relacionan es tan débil.



INTERNATIONAL



MASTERCLASSES

hands on particle physics

¡Gracias por la atención!