

Fusionen

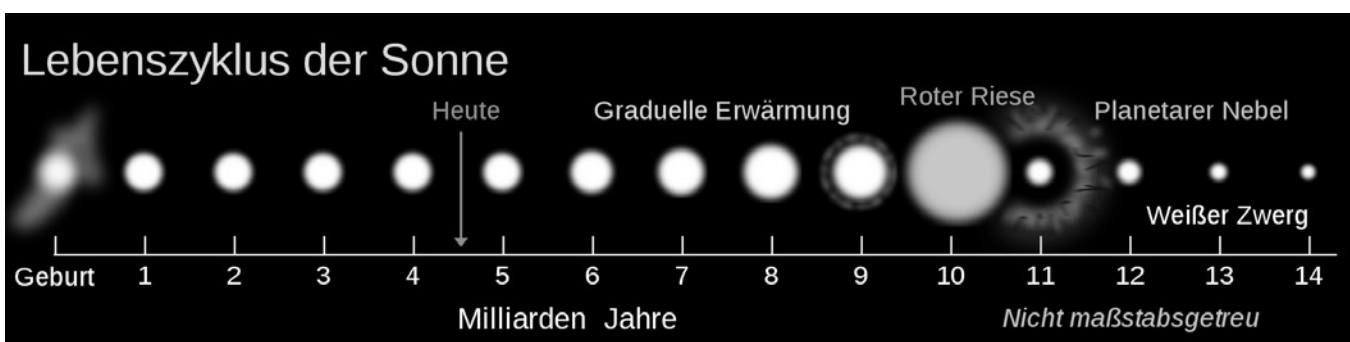
Nach einigen Jahren im Chemieanfangsunterricht stellte ich fest, dass die Schüler immer mit demselben Problem hadernten. Sie konnten nur schwer akzeptieren, dass die Elemente einfach da sind und hübsch im Periodensystem aufgereiht werden. Immer wieder fragten sie: Aber wo kommen die Elemente denn her? Irgendwann begann ich, dem Anfangsunterricht ein paar Unterrichtseinheiten voranzustellen, welche sich nur mit der Entstehung der Elemente beschäftigten. Gleich zu Beginn dieses Buches möchte ich Sie an diesen Ideen, von denen viele in Zusammenarbeit mit den Schülern entstanden, teilhaben lassen und hoffe, auch Ihre Schüler können sich an diesem Ausflug in die Astrochemie erfreuen. Wir starten mit einem Blick in die Fusionsprozesse der Sonne.

Allgemeine Informationen:

Jede Entwicklung eines Sterns beginnt zunächst mit einer prästellaren Verdichtung, d. h. einem gravitativen Kollaps einer interstellaren Gaswolke. Ist die Verdichtung und die damit verbundene Temperaturerhöhung stark genug, beginnt der Wasserstoff der präsolaren Wolke zu fusionieren und Helium entsteht. Im Fall unserer Sonne beginnt sie nun als gelber Zwerg zu leuchten. Ist der Wasserstoff weitestgehend verbraucht, kann nach einem weiteren Dichtekollaps auch das Heliumbrennen beginnen und der Stern bläht sich zum roten Riesen auf. Je nach Größe des Sterns können nun noch weitere Fusionsreaktionen im Inneren ablaufen, bis die Fusionsreaktionen letztlich mit der Bildung von Eisen zum Erliegen kommen.

Veranschaulichend kann uns hier zur Erklärung das Verfahren der Aluminothermie helfen. Selbstverständlich erzeugen wir bei der Aluminothermie keine Fusionsreaktion, jedoch kann uns dieses Experiment als Modell dienen. Die zündende Wunderkerze symbolisiert dabei den jungen, kleinen Stern, das Zünden der Thermitmischung steht für das Aufblähen zum roten Riesen und wenn der Stern erloschen ist, bleibt flüssiges Eisen zurück.

Für größere Sterne geht die Entwicklung und die Entstehung der Elemente in anderer Form weiter. Dazu mehr im Kapitel Supernova.





Die Entstehung der Elemente

Arbeitsblatt: Das Periodensystem	Name:
	Datum:

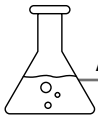
Das ist das Periodensystem der Elemente, so etwas wie der Geheimcode der Chemiker. In ihm findet ihr alle Elemente, aus denen unser Universum aufgebaut ist.

1. Streicht mit einem Stift alle Elemente ab, die ihr auf euren Elementkärtchen findet. Dies sind alle Elemente, welche durch Fusionsreaktionen entstehen können.

Periodensystem der Elemente																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<div>Legende</div> <div>Elementensymbol</div> <div>Ordnungszahl</div> <div>Atommasse in u</div> <div>Kein stabiles Isotop</div> <div>Elektronenaktivität nach Pauli</div> <div>Elementname</div> <div>Dichte in g/cm³ (bei Gasen in g/l)</div>																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<div>Periode</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div> <div>6</div> <div>7</div>																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<div>Gruppe</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div> <div>6</div> <div>7</div> <div>8</div> <div>9</div> <div>10</div> <div>11</div> <div>12</div> <div>13</div> <div>14</div> <div>15</div> <div>16</div> <div>17</div> <div>18</div>																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<table><tr><td>1</td><td>1.01</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td></tr><tr><td>H</td><td>Wasserstoff</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>He</td></tr><tr><td>3</td><td>6.94</td><td>4</td><td>9.01</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Li</td><td>Lithium</td><td>Be</td><td>Beryllium</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>11</td><td>22.99</td><td>12</td><td>24.31</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Na</td><td>Natrium</td><td>Mg</td><td>Magnesium</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>19</td><td>39.10</td><td>20</td><td>40.08</td><td>21</td><td>44.96</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>K</td><td>Kalium</td><td>Ca</td><td>Calcium</td><td>Sc</td><td>Scandium</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>37</td><td>85.47</td><td>38</td><td>87.62</td><td>39</td><td>88.91</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Rb</td><td>Rubidium</td><td>Sr</td><td>Strontium</td><td>Y</td><td>Yttrium</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>55</td><td>132.91</td><td>56</td><td>137.33</td><td>57</td><td>138.91</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Cs</td><td>Cäsium</td><td>Ba</td><td>Barium</td><td>La</td><td>Lanthan</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>87</td><td>-223</td><td>88</td><td>-226</td><td>89</td><td>-227</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Fr</td><td>Francium</td><td>Ra</td><td>Radium</td><td>Ac</td><td>Actinium</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>0.7</td><td>?</td><td>0.9</td><td>5.50</td><td>1.1</td><td>10.07</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>																		1	1.01																2	H	Wasserstoff																He	3	6.94	4	9.01															Li	Lithium	Be	Beryllium															11	22.99	12	24.31															Na	Natrium	Mg	Magnesium															19	39.10	20	40.08	21	44.96													K	Kalium	Ca	Calcium	Sc	Scandium													37	85.47	38	87.62	39	88.91													Rb	Rubidium	Sr	Strontium	Y	Yttrium													55	132.91	56	137.33	57	138.91													Cs	Cäsium	Ba	Barium	La	Lanthan													87	-223	88	-226	89	-227													Fr	Francium	Ra	Radium	Ac	Actinium													0.7	?	0.9	5.50	1.1	10.07												
1	1.01																2																																																																																																																																																																																																																																																																														
H	Wasserstoff																He																																																																																																																																																																																																																																																																														
3	6.94	4	9.01																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Li	Lithium	Be	Beryllium																																																																																																																																																																																																																																																																																												
11	22.99	12	24.31																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Na	Natrium	Mg	Magnesium																																																																																																																																																																																																																																																																																												
19	39.10	20	40.08	21	44.96																																																																																																																																																																																																																																																																																										
K	Kalium	Ca	Calcium	Sc	Scandium																																																																																																																																																																																																																																																																																										
37	85.47	38	87.62	39	88.91																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Rb	Rubidium	Sr	Strontium	Y	Yttrium																																																																																																																																																																																																																																																																																										
55	132.91	56	137.33	57	138.91																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Cs	Cäsium	Ba	Barium	La	Lanthan																																																																																																																																																																																																																																																																																										
87	-223	88	-226	89	-227																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Fr	Francium	Ra	Radium	Ac	Actinium																																																																																																																																																																																																																																																																																										
0.7	?	0.9	5.50	1.1	10.07																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<table><tr><td>22</td><td>47.87</td><td>23</td><td>50.94</td><td>24</td><td>52.00</td><td>25</td><td>54.94</td><td>26</td><td>55.85</td><td>27</td><td>58.93</td><td>28</td><td>58.69</td><td>29</td><td>63.55</td><td>30</td><td>65.38</td></tr><tr><td>Ti</td><td>Titan</td><td>V</td><td>Vanadium</td><td>Cr</td><td>Chrom</td><td>Mn</td><td>Mangan</td><td>Fe</td><td>Eisen</td><td>Co</td><td>Cobalt</td><td>Ni</td><td>Nickel</td><td>Cu</td><td>Kupfer</td><td>Zn</td><td>Zink</td></tr><tr><td>40</td><td>91.22</td><td>41</td><td>92.61</td><td>42</td><td>95.95</td><td>43</td><td>-98</td><td>44</td><td>101.07</td><td>45</td><td>102.91</td><td>46</td><td>106.42</td><td>47</td><td>107.87</td><td>48</td><td>112.41</td></tr><tr><td>Zr</td><td>Zirkonium</td><td>Nb</td><td>Niob</td><td>Mo</td><td>Molybdän</td><td>Tc</td><td>Technetium</td><td>Ru</td><td>Ruthenium</td><td>Rh</td><td>Rhodium</td><td>Pd</td><td>Palladium</td><td>Ag</td><td>Silber</td><td>Cd</td><td>Cadmium</td></tr><tr><td>72</td><td>178.49</td><td>73</td><td>180.95</td><td>74</td><td>183.84</td><td>75</td><td>186.21</td><td>76</td><td>190.23</td><td>77</td><td>192.22</td><td>78</td><td>195.08</td><td>79</td><td>196.97</td><td>80</td><td>200.59</td></tr><tr><td>Hf</td><td>Hafnium</td><td>Ta</td><td>Tantal</td><td>W</td><td>Wolfram</td><td>Re</td><td>Rhenium</td><td>Os</td><td>Osmium</td><td>Ir</td><td>Iridium</td><td>Pt</td><td>Platin</td><td>Au</td><td>Gold</td><td>Hg</td><td>Quecksilber</td></tr><tr><td>104</td><td>-261</td><td>105</td><td>-262</td><td>106</td><td>-266</td><td>107</td><td>-264</td><td>108</td><td>-269</td><td>109</td><td>-268</td><td>110</td><td>-269</td><td>111</td><td>-280</td><td>112</td><td>-277</td></tr><tr><td>Rf</td><td>Rutherfordium</td><td>Db</td><td>Dubnium</td><td>Sg</td><td>Seaborgium</td><td>Bh</td><td>Bohrium</td><td>Hs</td><td>Hassium</td><td>Mt</td><td>Meitnerium</td><td>Ds</td><td>Darmstadtium</td><td>Rg</td><td>Röntgenium</td><td>Cn</td><td>Copernicium</td></tr><tr><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td></tr></table>																		22	47.87	23	50.94	24	52.00	25	54.94	26	55.85	27	58.93	28	58.69	29	63.55	30	65.38	Ti	Titan	V	Vanadium	Cr	Chrom	Mn	Mangan	Fe	Eisen	Co	Cobalt	Ni	Nickel	Cu	Kupfer	Zn	Zink	40	91.22	41	92.61	42	95.95	43	-98	44	101.07	45	102.91	46	106.42	47	107.87	48	112.41	Zr	Zirkonium	Nb	Niob	Mo	Molybdän	Tc	Technetium	Ru	Ruthenium	Rh	Rhodium	Pd	Palladium	Ag	Silber	Cd	Cadmium	72	178.49	73	180.95	74	183.84	75	186.21	76	190.23	77	192.22	78	195.08	79	196.97	80	200.59	Hf	Hafnium	Ta	Tantal	W	Wolfram	Re	Rhenium	Os	Osmium	Ir	Iridium	Pt	Platin	Au	Gold	Hg	Quecksilber	104	-261	105	-262	106	-266	107	-264	108	-269	109	-268	110	-269	111	-280	112	-277	Rf	Rutherfordium	Db	Dubnium	Sg	Seaborgium	Bh	Bohrium	Hs	Hassium	Mt	Meitnerium	Ds	Darmstadtium	Rg	Röntgenium	Cn	Copernicium	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?																																																																																																												
22	47.87	23	50.94	24	52.00	25	54.94	26	55.85	27	58.93	28	58.69	29	63.55	30	65.38																																																																																																																																																																																																																																																																														
Ti	Titan	V	Vanadium	Cr	Chrom	Mn	Mangan	Fe	Eisen	Co	Cobalt	Ni	Nickel	Cu	Kupfer	Zn	Zink																																																																																																																																																																																																																																																																														
40	91.22	41	92.61	42	95.95	43	-98	44	101.07	45	102.91	46	106.42	47	107.87	48	112.41																																																																																																																																																																																																																																																																														
Zr	Zirkonium	Nb	Niob	Mo	Molybdän	Tc	Technetium	Ru	Ruthenium	Rh	Rhodium	Pd	Palladium	Ag	Silber	Cd	Cadmium																																																																																																																																																																																																																																																																														
72	178.49	73	180.95	74	183.84	75	186.21	76	190.23	77	192.22	78	195.08	79	196.97	80	200.59																																																																																																																																																																																																																																																																														
Hf	Hafnium	Ta	Tantal	W	Wolfram	Re	Rhenium	Os	Osmium	Ir	Iridium	Pt	Platin	Au	Gold	Hg	Quecksilber																																																																																																																																																																																																																																																																														
104	-261	105	-262	106	-266	107	-264	108	-269	109	-268	110	-269	111	-280	112	-277																																																																																																																																																																																																																																																																														
Rf	Rutherfordium	Db	Dubnium	Sg	Seaborgium	Bh	Bohrium	Hs	Hassium	Mt	Meitnerium	Ds	Darmstadtium	Rg	Röntgenium	Cn	Copernicium																																																																																																																																																																																																																																																																														
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?																																																																																																																																																																																																																																																																														
<table><tr><td>58</td><td>140.12</td><td>59</td><td>140.91</td><td>60</td><td>144.24</td><td>61</td><td>-145</td><td>62</td><td>150.36</td><td>63</td><td>151.96</td><td>64</td><td>157.25</td><td>65</td><td>158.93</td><td>66</td><td>162.50</td></tr><tr><td>Ce</td><td>Cer</td><td>Pr</td><td>Praesodym</td><td>Nd</td><td>Neodym</td><td>Pm</td><td>Promethium</td><td>Sm</td><td>Samarium</td><td>Eu</td><td>Europium</td><td>Gd</td><td>Gadolinium</td><td>Tb</td><td>Terbium</td><td>Dy</td><td>Dysprosium</td></tr><tr><td>1.1</td><td>6.77</td><td>1.1</td><td>6.48</td><td>1.1</td><td>7.00</td><td>?</td><td>7.22</td><td>1.2</td><td>7.54</td><td>?</td><td>5.25</td><td>1.2</td><td>7.89</td><td>?</td><td>8.25</td><td>1.2</td><td>8.56</td></tr></table>																		58	140.12	59	140.91	60	144.24	61	-145	62	150.36	63	151.96	64	157.25	65	158.93	66	162.50	Ce	Cer	Pr	Praesodym	Nd	Neodym	Pm	Promethium	Sm	Samarium	Eu	Europium	Gd	Gadolinium	Tb	Terbium	Dy	Dysprosium	1.1	6.77	1.1	6.48	1.1	7.00	?	7.22	1.2	7.54	?	5.25	1.2	7.89	?	8.25	1.2	8.56																																																																																																																																																																																																																								
58	140.12	59	140.91	60	144.24	61	-145	62	150.36	63	151.96	64	157.25	65	158.93	66	162.50																																																																																																																																																																																																																																																																														
Ce	Cer	Pr	Praesodym	Nd	Neodym	Pm	Promethium	Sm	Samarium	Eu	Europium	Gd	Gadolinium	Tb	Terbium	Dy	Dysprosium																																																																																																																																																																																																																																																																														
1.1	6.77	1.1	6.48	1.1	7.00	?	7.22	1.2	7.54	?	5.25	1.2	7.89	?	8.25	1.2	8.56																																																																																																																																																																																																																																																																														
<table><tr><td>90</td><td>232.04</td><td>91</td><td>231.04</td><td>92</td><td>238.03</td><td>93</td><td>-237</td><td>94</td><td>-244</td><td>95</td><td>-243</td><td>96</td><td>-247</td><td>97</td><td>-247</td><td>98</td><td>-251</td></tr><tr><td>Th</td><td>Thorium</td><td>Pa</td><td>Protactinium</td><td>U</td><td>Uran</td><td>Np</td><td>Neptunium</td><td>Pu</td><td>Plutonium</td><td>Am</td><td>Americium</td><td>Cm</td><td>Curium</td><td>Bk</td><td>Berkelium</td><td>Cf</td><td>Californium</td></tr><tr><td>1.3</td><td>11.72</td><td>1.5</td><td>15.37</td><td>1.4</td><td>18.97</td><td>1.4</td><td>20.48</td><td>1.3</td><td>19.74</td><td>1.3</td><td>13.67</td><td>1.3</td><td>13.51</td><td>1.3</td><td>13.25</td><td>1.3</td><td>15.10</td></tr></table>																		90	232.04	91	231.04	92	238.03	93	-237	94	-244	95	-243	96	-247	97	-247	98	-251	Th	Thorium	Pa	Protactinium	U	Uran	Np	Neptunium	Pu	Plutonium	Am	Americium	Cm	Curium	Bk	Berkelium	Cf	Californium	1.3	11.72	1.5	15.37	1.4	18.97	1.4	20.48	1.3	19.74	1.3	13.67	1.3	13.51	1.3	13.25	1.3	15.10																																																																																																																																																																																																																								
90	232.04	91	231.04	92	238.03	93	-237	94	-244	95	-243	96	-247	97	-247	98	-251																																																																																																																																																																																																																																																																														
Th	Thorium	Pa	Protactinium	U	Uran	Np	Neptunium	Pu	Plutonium	Am	Americium	Cm	Curium	Bk	Berkelium	Cf	Californium																																																																																																																																																																																																																																																																														
1.3	11.72	1.5	15.37	1.4	18.97	1.4	20.48	1.3	19.74	1.3	13.67	1.3	13.51	1.3	13.25	1.3	15.10																																																																																																																																																																																																																																																																														
<table><tr><td>67</td><td>164.93</td><td>68</td><td>167.26</td><td>69</td><td>168.93</td><td>70</td><td>173.05</td><td>71</td><td>174.97</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Ho</td><td>Holmium</td><td>Er</td><td>Erbium</td><td>Tm</td><td>Thulium</td><td>Yb</td><td>Ytterbium</td><td>Lu</td><td>Lutetium</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1.2</td><td>8.78</td><td>1.2</td><td>9.05</td><td>1.3</td><td>9.32</td><td>?</td><td>6.97</td><td>1.3</td><td>9.84</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>																		67	164.93	68	167.26	69	168.93	70	173.05	71	174.97									Ho	Holmium	Er	Erbium	Tm	Thulium	Yb	Ytterbium	Lu	Lutetium									1.2	8.78	1.2	9.05	1.3	9.32	?	6.97	1.3	9.84																																																																																																																																																																																																																																
67	164.93	68	167.26	69	168.93	70	173.05	71	174.97																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Ho	Holmium	Er	Erbium	Tm	Thulium	Yb	Ytterbium	Lu	Lutetium																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1.2	8.78	1.2	9.05	1.3	9.32	?	6.97	1.3	9.84																																																																																																																																																																																																																																																																																						
<table><tr><td>99</td><td>-252</td><td>100</td><td>-257</td><td>101</td><td>-258</td><td>102</td><td>-259</td><td>103</td><td>-262</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Es</td><td>Einsteinium</td><td>Fm</td><td>Fermium</td><td>Md</td><td>Mendelevium</td><td>No</td><td>Nobelium</td><td>Lr</td><td>Lawrencium</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td>?</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>																		99	-252	100	-257	101	-258	102	-259	103	-262									Es	Einsteinium	Fm	Fermium	Md	Mendelevium	No	Nobelium	Lr	Lawrencium									?	?	?	?	?	?	?	?	?	?																																																																																																																																																																																																																																
99	-252	100	-257	101	-258	102	-259	103	-262																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Es	Einsteinium	Fm	Fermium	Md	Mendelevium	No	Nobelium	Lr	Lawrencium																																																																																																																																																																																																																																																																																						
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?																																																																																																																																																																																																																																																																																						

- *2. Reichen diese Elemente zum Leben oder brauchen wir noch weitere Elemente?

- **3. Stelle eine Vermutung auf, wie die anderen Elemente entstehen könnten?



Arbeitsblatt: Rutherford entdeckt den Atombau

Name:

Datum:

Aufgabe:

Stelle den Versuch von Rutherford im Modell nach und finde heraus, wie Rutherford den Atombau entschlüsselte.

Material:

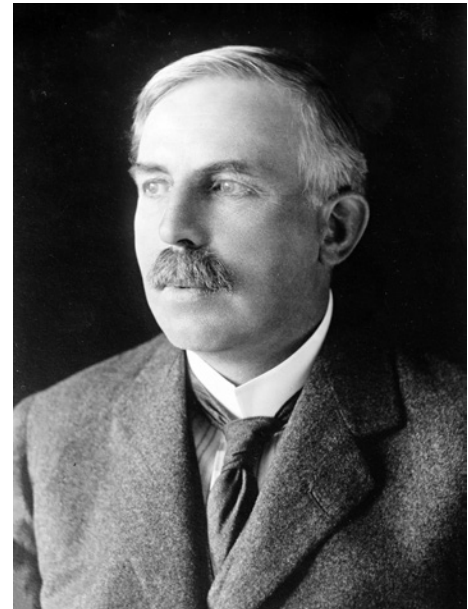
- Modell Rutherford'scher Streuversuch
- Murmel

Durchführung:

Stelle das Modell schräg auf den Tisch.

Lasse eine Murmel von verschiedenen Startpositionen aus durch das Nagelbrett rollen. Du kannst das Brett auch drehen, wenn du möchtest.

Notiere, ob die Murmel einen Nagel frontal trifft, abgelenkt wird oder zwischen den Nägeln ohne Berührung hindurchläuft. Führe eine Strichliste.



Führe den Versuch mindestens dreißig Mal durch.

Nagel getroffen	
vom Nagel abgelenkt	
nichts berührt	

Auswertung:

- 1.) Wie oft trafen die Kugeln frontal auf einen Nagel? Wie oft sind sie durch den Nagel abgelenkt wurden? Wie oft sind sie ohne Berührung durch die Nägel hindurchgegangen?
