

# Geschichte der Physik und Astronomie



## (und verwandter Wissensgebiete)


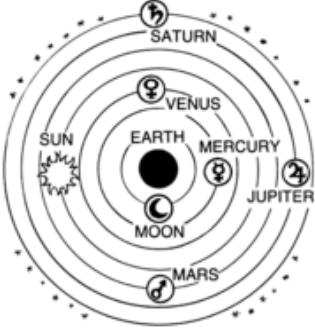
Quellen:



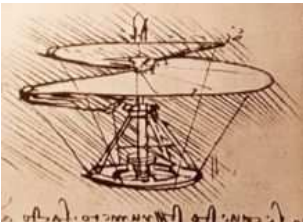
Sir James Jeans: „Der Werdegang der exakten Wissenschaften“

Wikipedia


(Lebens-)Zeit	Gegend / Persönlichkeit o. ä.	Entdeckung(en) – und evtl. anderes wichtiges	im Lehrplan
ab ca. 800 000 v. Chr.	Vorderasien	Verwendung des Feuers	GW
ab ca. 8000 v. Chr.	Anatolien	Kupfer- und Goldgewinnung	
ca. 4000 v. Chr.	Mesopotamien	Erfindung des Rads	GW
ab ca. 4000 v. Chr.	Ägypten	<b>Kalender</b> durch Sternbeobachtung	GW
um 3500 v. Chr.	Mesopotamien	<b>Kalender</b> durch Sternbeobachtungen, <b>Sonnen- und Mondfinsternisse</b> , Sternbildnamen, Planetenbewegungen	GW, B/F 12
um 3300 v. Chr.	Vorderasien	Erfindung der Bronze	
um 3000 v. Chr.	China	<b>Kalender, Sonnen- und Mondfinsternisse</b> , längste und kürzeste Tage, Äquinoktien	GW
zwischen 3000 und 2000 v. Chr.	Ägypten, Anatolien, Mesopotamien	Erfindung der Eisenverhüttung	
um 2500 v. Chr.	Ägypten 	<b>Schiefe Ebene</b> (Rampen), <b>Rollen</b> zur Verminderung der <b>Reibung</b> , ...	Vkl
624 v. Chr. – 546 v. Chr.	Thales von Milet	erste Erwähnung von „ <b>Magnetsteinen</b> “ und ihrer Wirkung auf Eisen; <b>Kontakt- Elektrizität</b> von Bernstein beschrieben; der einzige der <b>Sieben Weisen</b> , der kein Politiker war	GW, Vkl, B/F 12
um 600 v. Chr.	Phönizien	Navigation mit Hilfe des Polarsterns	GW
um 570 v. Chr. – nach 510 v. Chr.	Pythagoras	erste bekannte naturwissenschaftliche <b>Experimente</b> : Zusammenhänge zwischen Tönhöhen und Längen von Saiten, Tonintervalle  Spekulationen: <b>Erde ist kugelförmig</b> , dreht sich pro Tag einmal um ihre Achse, bewegt sich mit den anderen Planeten um ein „Feuer“ (nicht die Sonne!); <b>Licht</b> besteht aus Teilchen, die vom leuchtenden Körper zum Auge fliegen	GW
500 v. Chr. – 440 v. Chr.	Empedokles	Spekulationen: Alles besteht aus den vier „Elementen“ Erde, Feuer, Wasser und Luft. Die <b>Geschwindigkeit des Lichts</b> ist <b>endlich</b> .  Experimente zum <b>Luftdruck</b>	Vkl


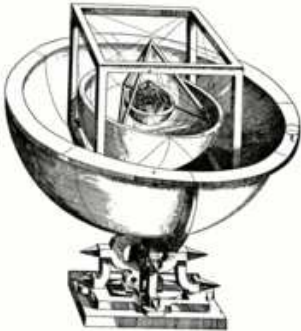
488 v. Chr. – 428 v. Chr.	Anaxagoras	Erklärung von <b>Mondphasen</b> und – <b>finsternissen</b> ; Spekulationen: Sonne ist riesiger weißglühender Metallkörper; Universum entstand aus einem Wirbel in einer ungeordneten Masse	GW
460 v. Chr. – 371 v. Chr.	Demokrit	Spekulationen: Das All besteht aus unwand- delbaren, unteilbaren <b>Atomen</b> und der Leere. Atome bewegen sich so lange, bis sie in ihrer Bewegung gehemmt werden. (--> <b>Trägheit!</b> )	GW B12 / F11
429 v. Chr. – 347 v. Chr.	Platon	Spekulationen: Kugel und Kreis sind voll- kommene Formen ==> Universum ist kugel- förmig, <b>Planetenbahnen</b> sind kreisförmig; <b>Licht</b> besteht aus geraden Linien, die vom Auge zum Gegenstand gehen	
388 v. Chr. – 315 v. Chr.	Herakleides von Pontos	Spekulation: <b>Sonne</b> und die größeren <b>Planeten</b> bewegen sich um die <b>Erde</b> , Venus und Merkur um die Sonne (vgl. Tycho Brahe)	
384 v. Chr. – 322 v. Chr.	Aristoteles 	<b>Erzieher von Alexander dem Großen und fast 2000 Jahre lang unangefochtene Autori- tät in der Physik – obwohl praktisch all seine Lehren falsch waren:</b> Bewegung von Körpern entsteht durch ihre „natürlichen Neigungen“; für Bewegung ist eine „treibende Kraft“ nötig; „Quintessenz“ („Äther“) als fünftes Element; keine Leere (Vakuum) existiert; Erde steht im Mittelpunkt des Universums, darum herum Kugelschalen für die Planeten, Mond, Sonne	
330 v. Chr. – 275 v. Chr.	Euklid	Reflexionsgesetz für Licht; behauptete, man würde etwas sehen, wenn ein vom Auge aus- gehender „Suchstrahl“ den Gegenstand trifft	Vkl
310 v. Chr. – 230 v. Chr.	Aristarch von Samos 	Berechnungen astronomischer Größen aus (leider falschen) Beobachtungen: Sonne ist 19mal weiter von der Erde entfernt als Mond; Erde ist 7mal größer als Mond; richtige Schlussfolgerungen: die <b>Sonne ist sehr viel größer als die Erde</b> , alle <b>Planeten</b> bewegen sich (auf Kreisbahnen) <b>um die Sonne</b> ; Hypo- these zur Erklärung der nicht beobachteten Fixstern-Parallaxe: die <b>Fixsterne</b> sind sehr weit entfernt (vgl. Kopernikus)  <b>seine Lehren wurden nicht akzeptiert; er wurde wegen Gottlosigkeit angeklagt</b>	GW, B/F 12


287 v. Chr. – 212 v. Chr.	<b>Archimedes</b> 	Experimente zu <b>Dichte</b> bestimmung, <b>Auftrieb</b> („Heureka!“), <b>Hebel</b> , ...; Archimedische Schraube; Konzept des <b>Drucks</b> ; angeblich Verteidigung von Syrakus mit <b>Brennspiegeln</b> , Katapulten u. a.; getötet durch einen römischen Soldaten bei der Eroberung von Syrakus („Störe meine Kreise nicht!“)	Vkl
276 v. Chr. – 194 v. Chr.	<b>Eratosthenes von Kyrene</b>	erste Messung des <b>Erdumfangs</b> (mittels Sonnenstand an verschiedenen Orten); Ergebnis: 39 060 km (statt dem richtigen 40 076 km); erste Messung der Schiefe der Ekliptik; Ergebnis: 23°51' (statt 23°46')	GW
190 v. Chr. – 120 v. Chr.	<b>Hipparchos von Nicäa</b>	Messung und Katalogisierung von etwa 1000 <b>Sternpositionen</b> ; aus Vergleich mit früheren Daten: Entdeckung der <b>Präzession</b> der <b>Erdachse</b> (45'' pro Jahr statt 50,2'' pro Jahr); Dauer des <b>Mondmonats</b> auf eine Sekunde genau, die <b>Jahreslänge</b> auf sechs Minuten genau bestimmt	
45-125	<b>Plutarch</b>	Spekulation: der <b>Mond</b> wird durch seine <b>Bewegung</b> (seinen Schwung) daran gehindert, auf die Erde zu fallen	GW, B/ F 12
zwischen 200 v. und 300 n. Chr., wahrscheinlich 1. Jh. n. Chr.	<b>Heron von Alexandria</b>	einfache <b>Dampfmaschine</b> ; zeigte: Licht nimmt bei <b>Reflexion</b> immer den kürzesten Weg	Vkl
100-175	<b>Claudius Ptolemäus</b> 	astronomisches Werk <b>Almagest</b> , war 1500 Jahre lang allgemein akzeptiert: Erde im Mittelpunkt des Weltalls, alle anderen Planeten, Sonne und Mond bewegen sich auf Kreisen mit „ <b>Epizyklen</b> “ um sie ( <b>geozentrisches Weltbild</b> )  Sternkatalog mit 1022 Sternen; Untersuchung der <b>Lichtbrechung</b> (falsches Brechungsgesetz – aber annähernd richtig für kleine Winkel); <b>astronomische Instrumente</b> : Mauerkreis und Astrolabium	
9. Jahrhundert	<b>China</b>	<b>Buchdruck</b> mit Druckstöcken	
965-1038	<b>Ibn-al-Haitham (Al-Hazen)</b>	<b>Lichtbrechung</b> : zeigte, dass das Gesetz von Ptolemäus nur für kleine Winkel gilt; sphärische und parabolische <b>Spiegel</b> ; Abbildung mit <b>Linsen</b> ; Sehen funktioniert, indem vom Gegenstand etwas ins Auge gelangt	Vkl

1028-1087	Al-Zarquali (Arzachel)	einfaches Astrolabium, präzise Wasseruhr; aus Beobachtungsdaten: die <b>Erde</b> bewegt sich auf einer <b>Ellipsenbahn</b> um die Sonne, die Apsis dieser Ellipse dreht sich	B/F 12
11. Jahrhundert	China	Erfindung von Buchdruck mit beweglichen Lettern und Schiffskompass	
ca. 500-1500	<i>Mittelalter in Europa („Dunkle Jahrhunderte“)</i>		
13. Jahrhundert	Petrus Peregrinus de Maricourt	Kräfte zwischen <b>Magnetpolen</b> ; durch Zerbrechen eines Magnets entstehen zwei neue mit wieder je zwei Polen	B/F 12
1214-1294	Roger Bacon 	<b>Brechungsgesetz</b> ; Beschreibungen von: <b>Linsen</b> für Brillen, Fernrohre und Brennläser, mechanisch angetriebene Wagen, Schiffe, Flugzeuge, Verwendung von Schießpulver; gegen Platons „vollkommene“ Kreisbahnen und das Ptolemäische System  <b>betonte: wissenschaftliche Kenntnisse können allein durch Experimente erworben werden, nicht durch rein logische Spekulationen oder Vertrauen auf Schriften von Autoritäten oder die Bibel</b>  <b>ab 1278 wegen „nicht rechtgläubiger Ansichten“ im Gefängnis</b>	Vkl
um 1400-1468	Johannes Gensfleisch (Gutenberg)	<b>Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern</b>	
1452-1519	Leonardo da Vinci  	Erklärung des „ <b>Erdscheins</b> “ auf den Mond; Skizzen für <b>Flugmaschinen, Fallschirme</b> , Hinterlader, Schnellfeuergeschütze, ...; 750 anatomische Zeichnungen; Spekulation über <b>Blutkreislauf</b> : Blut führt den Körperteilen neuen Stoff zu und schafft Abfallprodukte fort; Weltbild mit <b>Sonne im Mittelpunkt</b> , <b>Erde</b> sei ein „Stern wie andere Sterne“; Geschwindigkeit eines fallenden Körpers nimmt mit Fortschreiten des Falls zu (==> <b>Kraft erzeugt Beschleunigung</b> , nicht Bewegung); <b>Licht als Welle</b>  <b>Wissenschaft muss auf Beobachtung bauen; Mathematik kann benutzt werden, um Beobachtungen zu prüfen, aber Experiment entscheidet; Gewissheit ist in den Naturwissenschaften ein unerreichbares Ideal</b>	GW  B/F 12  B/F 13


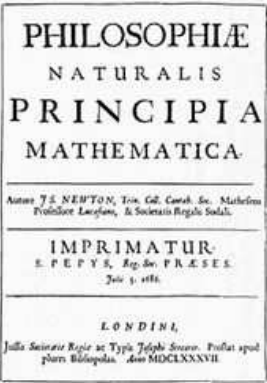
<p>1473-1543</p>	<p><b>Nikola Koppernigk</b> (<b>Nikolaus Kopernikus</b>)</p> 	<p>aufbauend auf Vorüberlegungen anderer (Oresme, Aristarch, Leonardo da Vinci, ...):  <b>heliocentrisches Weltbild</b>, aber immer noch die „vollkommenen Kreisbahnen“ Platons, <b>Epizykel</b> ähnlich wie bei Ptolemäus, dazu <b>exzentrische Kreise</b>; Widerlegung der Einwände von Ptolemäus gegen eine bewegte Erde; Spekulation: <b>Fixsterne</b> sind sehr weit entfernt (vgl. Aristarch)</p> <p>veröffentlicht posthum im Buch <b>De Revolutionibus Orbium Coelestium</b> („Von den Umdrehungen der Himmelskreise“) 1543; unautorisiertes Vorwort des Geistlichen Osiander: Buch enthält keine Aussagen über die <b>reale Welt</b>, sondern nur eine „<b>Grundlage für Berechnungen</b>“; dennoch 1616-1822 von der katholischen Kirche verboten</p>	<p>B/F 12</p>
<p>1544-1603</p>	<p><b>William Gilbert</b></p>	<p>Hauptwerk <b>De Magnete</b>: unterschied erstmals zwischen <b>Magnetismus</b> und <b>Elektrizität</b> (prägte den Begriff, von griechisch <i>elektron</i> = Bernstein; vgl. Thales); zeigte, dass die Erde insgesamt ein Magnet ist; widerlegte Aberglauben (z. B., dass ein Magnet seine Kraft verliert, wenn man ihn mit Knoblauch abreibt); erfand das <b>Elektroskop</b>; unterteilte mit Experimenten die Stoffe in solche, die elektrische Ladung speichern können (heute: <b>Isolatoren</b>) und solche, die das nicht können (heute: <b>Leiter</b>)</p> <p>vermutete, dass die <b>Planeten</b> durch eine magnetische Kraft auf ihren <b>Bahnen</b> gehalten werden und dass die <b>Gezeiten</b> durch Anziehung des Mondes entstehen</p> <p><b>Weltbild</b> ähnlich wie Giordano Bruno</p>	<p>Vkl, B/F 12</p>
<p>1546-1601</p>	<p><b>Tycho Brahe</b></p> 	<p>wahrscheinlich größter <b>beobachtender Astronom</b> aller Zeiten; Gründer der Sternwarte Uraniburg; Erfinder neuer <b>astronomischer Messinstrumente</b> (Mauerquadrant) und der <b>Mittelwertbildung zur Fehlerminimierung</b>; damit genaueste Beobachtungen von Planetenpositionen; Beobachtung einer <b>Nova</b> und Nachweis, dass diese zur „Sphäre der Fixsterne“ gehört (==&gt; Widerspruch zu Aristoteles, nach dem diese Sphäre unveränderlich ist); eigenes <b>astronomisches Weltbild</b>: Merkur und Venus kreisen um die Sonne, diese, der Mond und alle anderen Planeten um die Erde (vgl. Herakleides von Pontos)</p>	<p>F11</p>


1548-1600	Giordano Bruno	<p>Spekulationen: <b>Weltall ist unendlich</b> und hat <b>keinen Mittelpunkt</b>, es gibt eine endlose Anzahl von Welten wie die Erde, jede Welt bewegt sich um eine eigene Sonne</p> <p><b>ab 1593 im Gefängnis der Inquisition, dann verbrannt</b></p>	
1548-1620	Simon Stevin	<p>erfand das <b>Kräfteparallelogramm</b>; <b>Goldene Regel der Mechanik</b> für Hebel und Flaschenzug; leichte Körper <b>fallen gleich schnell</b> wie schwere; <b>hydrostatischer Druck</b> hängt nur von der Höhe der Flüssigkeitssäule ab; Vorgehen: Mischung aus Experiment und Intuition</p>	Vkl, F11, B/F 12
1564-1642	<p>Galileo Galilei</p> 	<p>Experimente zeigen: leichte Körper <b>fallen gleich schnell</b> wie schwere; verbesserte Wasseruhr zur genauen Zeitmessung; <b>schiefe Ebene</b>; Pendelschwingungszeit unabhängig von Amplitude und Pendelmasse (==&gt; Idee der <b>Pendeluhr</b>); <b>Auftrieb</b> hängt von der Dichte des Körpers und der der Flüssigkeit ab</p> <p>Schlussfolgerungen aus Experimenten: Kraft erzeugt nicht Bewegung, sondern <b>Beschleunigung</b> ==&gt; ein Körper, auf den keine Kraft wirkt, bewegt sich gleichförmig immer weiter (<b>Massenträgheit</b>; klar ausgesprochen aber erst durch Descartes); Weg-Geschwindigkeits- und Weg-Zeit-Gesetz für eine <b>gleichmäßig beschleunigte Bewegung</b>; <b>Wurfparabel</b></p> <p>außerdem: Erfindung des <b>Thermometers</b>; Herstellung eines eigenen Fernrohrs (nach Vorlage von Lipperheys Fernrohr); erster, der damit astronomische Beobachtungen machte; Entdeckungen: Berge, <b>Krater</b>, Mare usw. auf dem Mond, also keine „vollkommene Kugel“ (Platon); Auflösung der Milchstraße in Einzelsterne; vier <b>Jupitermonde</b>; <b>Phasen der Venus</b> (==&gt; Widerlegung von Ptolemäus); <b>Ringe des Saturn</b>; <b>Sonnenflecken</b> (==&gt; Rotation der Sonne); Libration des Mondes</p> <p>wegen seiner astronomischen Ansichten und Veröffentlichungen von der <b>Inquisition</b> 1616 angeklagt und zunächst ermahnt, diese fallen zu lassen; nach Veröffentlichung seines Hauptwerks 1633 unter Androhung von Folter zum <b>Widerruf</b> gezwungen</p>	Vkl, B12, F11

1570-1619	Hans Lipperhey	Erfindung des <b>Fernrohrs</b>	Vkl
1571-1630	<p><b>Johannes Kepler</b></p>  	<p><b>Mysterium Cosmographicum</b> (1597): die Bahnen der bekannten Planeten scheinen sich auf Kugeln anordnen zu lassen, die den fünf platonischen Körpern ein- bzw- umbeschrieben sind; später als nur annähernd richtig erkannt, statt dessen:</p> <p>Drei „<b>Keplersche Gesetze</b>“ (zunächst nur für Mars, später auch auf die anderen Planeten und die bekannten Monde erweitert):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Planeten bewegen sich auf <b>Ellipsen</b>, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.</li> <li>2. Die Strecke, welche die Sonne mit einem Planeten verbindet, überstreicht in <b>gleichen Zeiten gleiche Flächen</b>.</li> <li>3. Die <b>Quadrate der Umlaufzeiten</b> verhalten sich wie die <b>dritten Potenzen der großen Halbachsen</b>.</li> </ol> <p><b>Damit war Platons Idee der „vollkommenen Kreise“ widerlegt!</b> Keplers Modell stimmte mit den Daten bis auf weniger als 8'' überein!</p> <p>außerdem: „<b>universelle Anziehungskraft</b>“ zwischen allen Körpern und <b>quadratisches Abstandsgesetz</b> dafür vermutet; Lichtwahrnehmung durch das <b>Auge, Kurz- und Weitsichtigkeit</b>, dreidimensionales Sehen</p>	<p>B/F 12</p> <p>Vkl</p>
1580-1626	<b>Snellius (Willebrord van Roijen Snell)</b>	<b>Brechungsgesetz</b> entdeckt – aber nicht veröffentlicht	Vkl
1588-1631	<b>Zacharias Janssen</b>	Erfindung des <b>Mikroskops</b>	Vkl
1596-1650	<b>René Descartes (Cartesius)</b>	<p>Verurteilung von Galileis Experimenten, <b>reine Spekulationen</b>: die einzigen „primären“ (echten) Eigenschaften der Materie sind Ausdehnung und Bewegung, alles andere folgt daraus; es gibt kein Vakuum – alles, was nicht von bekannter fester Materie ausgefüllt ist, enthält „ganz feine primäre“ Materie; diese bewegen sich in Kreisen („natürliche Bewegung“) ==&gt; „Wirbeltheorie“ zur Erklärung der Planetenbewegung; im Mittelpunkt ist die Bewegung so stark, dass die Gegenstände zu leuchten beginnen</p> <p>als erster <b>Massenträgheit</b> klar formuliert</p> <p><b>Brechungsgesetz</b> veröffentlicht (vgl. Snellius), aber: Licht als vom Auge, nicht vom Gegenstand ausgehend angenommen</p>	<p>F11,B12</p> <p>Vkl</p>


1602-1686	<b>Otto von Guericke</b> 	Erfindung der <b>Luftpumpe</b> ; zeigte, dass Licht den luftleeren Raum durchdringt, aber nicht Schall; Demonstration des <b>Luftdrucks</b> mit „ <b>Magdeburger Halbkugeln</b> “ ==> Widerlegung des „horror vacui“; Erfindung des <b>Barometers</b> und der Elektrisiermaschine ==> Entdeckung der Anziehung gleichartig geladener Körper	Vkl
1608-1647	<b>Evangelista Torricelli</b>	Erfinder des <b>Quecksilberbarometers</b> ; Erklärung des <b>Windes</b> als Folge von <b>Druckunterschieden</b> in der Atmosphäre; Gesetz über die Ausflussgeschwindigkeit einer Flüssigkeit	Vkl
1608-1665	<b>Pierre de Fermat</b>	verallgemeinerte Herons Erkenntnis: Licht nimmt immer, z. B. auch bei der Brechung, den kürzesten Weg ( <b>Fermatsches Prinzip</b> )	
1618-1663	<b>Francesco Maria Grimaldi</b>	erste experimentelle Beobachtung der <b>Beugung</b> ==> <b>Licht ist eine Welle</b> ; lange nicht akzeptiert!	B/F 13
1620-1684	<b>Edme Mariotte</b>	unabhängig von Robert Boyle: <b>Boyle-Mariottesches Gesetz</b> entdeckt	Vkl
1625-1712	<b>Giovanni Domenico Cassini</b>	Entdeckung von mehreren Saturnmonden und der nach ihm benannten <b>Teilung in den Saturnringen</b> ; Messung der <b>Entfernung des Mars</b> und Berechnung der <b>Sonnenentfernung</b> daraus (Ergebnis: 140 Mill. km – statt 150); erster Asteroid ( <b>Ceres</b> ) entdeckt	
1627-1691	<b>Robert Boyle</b>	Begriff des chemischen <b>Elements</b> (im Gegensatz zu den griechischen „vier Elementen“); <b>Atom</b> vorstellung, Idee von „Atomgruppen“ ( <b>Molekülen</b> ); aus Luftpumpen-Experimenten: <b>Boyle-Mariottesches Gesetz</b> : <b>Gasdruck</b> ist indirekt proportional zum Gasvolumen (für konstante Temperatur); Luft ist fürs Brennen und für Lebewesen notwendig, wird dadurch verbraucht; Luft ist eine Mischung; Gewicht von Körpern nimmt beim Verbrennen i. A. zu ==> erste Widerlegung der „Phlogiston“-Hypothese, aber nicht anerkannt	B/F 13  Vkl
1629-1695	<b>Christiaan Huygens</b>	<b>Wellentheorie</b> des Lichts; Zusammenhang zwischen Kugelwellen und Wellenfronten  endgültige Erfindung der Pendeluhr (vgl. Galileo Galilei); Erforschung der <b>Zentrifugalkraft</b> ; Entdeckung der <b>Saturnringe</b>	B/F 13  B12,F11
1635-1703	<b>Robert Hooke</b>	Versuch, die Planetenbewegung durch anziehende Kräfte der Sonne („ <b>universelle Gravitation</b> “ und die <b>Trägheit</b> zu erklären; Vermutung eines quadratischen Abstandsgesetzes; Theorie der Elastizität ( <b>Hookesches Gesetz</b> ): die Dehnung eines Körpers ist proportional zu der auf ihn wirkenden Kraft  Vermutungen: Licht ist eine <b>transversale Welle</b> ; Gasdruck wird durch schnelle Teilchen hervorgerufen, die gegen die Gefäßwände stoßen	Vkl  B/F 13




<p>1643-1727</p>	<p>Sir Isaac Newton</p>  	<p>Hauptwerk: <b>Philosophia Naturalis Principia Mathematica</b>, darin: Annahme eines <b>absoluten Raumes</b> und einer <b>absoluten Zeit</b>; Definition des <b>Impulses</b>;  <b>Drei Newtonsche Gesetze</b>:  1. <b>Trägheitsgesetz</b>  2. Zusammenhang zwischen Kraft und Beschleunigung: <b>F = ma</b>  3. Wechselwirkungsgesetz: <b>actio = reactio</b>;  <b>Universelles Gravitationsgesetz</b>:  Zwei Körper (Massen <math>m_1</math>, <math>m_2</math>, Abstand <math>r</math> voneinander) ziehen sich mit der Kraft</p> $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ <p>(<math>G</math>: Gravitationskonstante);  Herleitung der <b>Keplerschen Gesetze</b> daraus und aus den Grundgesetzen oben, Erweiterung auf Hyperbel- und Parabelbahnen; Bestätigung des Gesetzes durch Vergleich von <b>Mondumlaufzeit</b> und <b>Erdbeschleunigung</b>; Erklärung der Gestalt der Erde (abgeplattete Kugel), der <b>Gezeiten</b> und der <b>Präzession der Erdachse</b>; <b>Bewegung in Flüssigkeiten</b> und damit Widerlegung der „Wirbel“ von Descartes; erste Behandlung von <b>Bahnstörungen der Planeten</b> durch ihre gegenseitige Anziehung</p> <p><b>Lichtzerlegung</b> durch ein <b>Prisma</b>; <b>Spektralfarben</b> können nicht weiter zerlegt werden; <b>weißes Licht ist eine Mischung aus allen Farben</b>; Spekulationen: <b>Licht</b> besteht aus <b>Teilchen</b>, die <b>Schwingungen</b> in einem „Äther“ hervorrufen (die Teilchen-Hypothese setzte sich für lange Zeit durch!); Versuch, Gravitation und elektrische Erscheinungen ebenfalls mit „ätherischen Medien“ zu erklären; Körper bestehen aus <b>kleinsten, unteilbaren Teilchen</b>, die durch <b>Anziehungskräfte</b> zusammenhalten</p> <p>ab 1699 <b>Master</b> der britischen <b>Münzanstalt</b>, wegen seines harten Vorgehens gegen Falschmünzer berüchtigt; dafür 1705 zum <b>Ritter</b> geschlagen</p>	<p>B/F 12 F11,B12</p> <p>B/F 12</p> <p>Vkl</p>
<p>1644-1710</p>	<p>Olaf Christensen Römer</p>	<p>genaue Vermessung der Bewegungen der <b>Jupitermonde</b>, daraus eine erste Bestimmung der <b>Lichtgeschwindigkeit</b> (Ergebnis: 212 000 km/s – statt 300 000); definierte die erste <b>Temperaturskala</b> mit zwei Fixpunkten</p>	<p>Vkl</p>


1656-1752	Edmond Halley 	Methode zur Bestimmung von Aphelien und Exzentrizitäten; erste Beobachtung eines <b>Merkur-transits</b> ; Vermutung, dass die Kometen von 1531, 1607 und 1682 ein und derselbe sind ( <b>Halleyscher Komet</b> ) und Vorhersage seiner Wiederkehr 1759; Spekulation: die Erde ist hohl, Polarlichter entstehen, wenn Licht aus dem Hohlraum nach oben durchscheint	
1663-1705	Guillaume Amontons	<b>Gesetz von Amontons</b> : der Druck eines Gases hängt linear von der Temperatur ab (wenn der Druck konstant bleibt); vermutete die Existenz eines <b>absoluten Temperatur-Nullpunkts</b>	Vkl
1686-1736	Daniel Gabriel Fahrenheit	definierte die <b>Fahrenheit-Temperaturskala</b> (Fixpunkte nicht genau bekannt: 0°F = tiefste Temperatur in Danzig im Winter 1708 /09 und 96°F: Körpertemperatur des Menschen ?)	Vkl
1692-1761	Pieter van Musschenbroek	erfand die <b>Leidener Flasche</b> zur Speicherung elektrischer Ladung (erster <b>Kondensator</b> )	B/F 12
1693-1762	James Bradley	Entdeckung der <b>Licht-Aberration</b> (==>Nachweis: endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit; Erde bewegt sich) und der <b>Nutation</b> der Erdachse	B/F 13
1698-1739	Charles François du Fay	Annahme von zwei Arten von „elektrischem Fluidum“ in allen Körpern ( <b>positive</b> und <b>negative Elektrizität</b> ), damit Erklärung der Aufladung von Körpern und der Kräfte zwischen ihnen	Vkl
1700-1782	Daniel Bernoulli	bewies, dass das <b>Boyle-Mariottesche Gesetz</b> folgt, wenn man annimmt, dass der <b>Gasdruck</b> durch unendlich kleine, sich schnell bewegende <b>Teilchen</b> hervorgerufen wird	Vkl
1701-1744	Anders Celsius	definierte die <b>Celsius-Temperaturskala</b> (ursprünglich anders herum als heute: Wasser gefriert bei 100°C und siedet bei 0°C!)	Vkl
1706-1790	Benjamin Franklin	Annahme eines „ <b>elektrischen Fluidiums</b> “ in allen Körpern, damit Erklärung der <b>Aufladung</b> von Körpern und der <b>Kräfte</b> zwischen ihnen;  zeigte durch Experiment: <b>Blitz</b> ist eine elektrische Erscheinung; Vorschlag des <b>Blitzableiters</b>	Vkl
1707-1783	Leonhard Euler	Beschreibung der Bewegung eines „starrten Körpers“ ( <b>Kreisel</b> ) und von <b>Flüssigkeitsströmungen</b>	
1718-1778	John Canton	entdeckte und erklärte die <b>Influenz</b>	Vkl
1730-1817	Charles Messier	Katalog von 103 „ <b>Nebeln</b> “ (darunter Galaxien, Kugelsternhaufen, planetarische Nebel u. a.)	
1731-1810	Henry Cavendish	zeigte experimentell: die <b>Kräfte</b> zwischen <b>Ladungen</b> folgen einem <b>quadratischen Abstandsgesetz</b> (s. Coulomb)	B/F 12
1733-1804	Joseph Priestley	zeigte, dass das Innere eines Leiters nicht geladen ist, wenn man ihn außen auflädt ( <b>Faradayscher Käfig</b> ); Folgerung: für die <b>elektrischen Kräfte</b> muss ein <b>umgekehrt quadratisches Abstandsgesetz</b> gelten (s. Coulomb)	B/F 12

1736-1806	<b>Charles Augustin de Coulomb</b> 	zeigte experimentell, unabhängig von Cavendish: zwei Ladungen $Q_1$ und $Q_2$ , die sich im Abstand $r$ voneinander befinden, ziehen sich mit einer Kraft $F \sim \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ an ( <b>Coulombgesetz</b> )	B/F 12
1736-1813	<b>Joseph Louis Lagrange</b>	Verallgemeinerung der Newtonschen Mechanik auf beliebige Körper und mechanische Systeme („ <b>generalisierte Koordinaten</b> “); Prinzip der „ <b>kleinsten Wirkung</b> “ (Verallgemeinerung des Fermatschen Prinzips auf beliebige Bewegungen) für die „ <b>Lagrangefunktion</b> “ (i. W. Differenz aus kinetischer und potenzieller Energie); Einführung des Dezimalsystems für <b>Maße und Gewichte</b> in Frankreich	
1736-1819	<b>James Watt</b>	entscheidende Verbesserungen der <b>Dampfmaschine</b> ; führte die Einheit „ <b>Pferdestärken</b> “ ein	Vkl
1737-1798	<b>Luigi Galvani</b>	Untersuchung der „tierischen Elektrizität“: Muskeln zucken, wenn sie von Strom durchflossen werden; entdeckte dabei: zwischen verschiedenen Metallen entsteht eine elektrische Spannung ==> Grundlage der <b>galvanischen Zelle (Batterie)</b> und der <b>Galvanisierung</b>	Vkl
1738-1822	<b>Francis William Herschel</b>	Entdeckung des <b>Uranus</b> und mehrerer Monde; Katalogisierung vieler Sterne und Untersuchung des Aufbaus des „ <b>Sternsystems</b> “ (der Milchstraße); Erweiterung des <b>Messier-Katalogs</b> auf 5080 Nebel; Entdeckung einer scheinbaren Bewegung der Fixsterne ==> Bewegung der Sonne; entdeckte <b>Doppelsterne</b> ==> Gravitationsgesetz gilt auch außerhalb des Sonnensystems; schlug <b>Spektralanalyse</b> vor; vermutete (falsch), die <b>Sonne</b> befände sich nahe dem <b>Zentrum der Milchstraße</b> und (richtig), dass manche der Nebel Sternsysteme ( <b>Galaxien</b> ) wie die Milchstraße sind	
1743-1794	<b>Antoine Laurent Lavoisier</b>	widerlegte die Vorstellung, die griechischen Elemente könnten ineinander umgewandelt werden (z. B. Wasser in Erde); <b>Massenerhaltung</b> bei chemischen Reaktionen (==> Widerlegung der „Phlogiston“-Hypothese); Versuch der Zerlegung zahlreicher Stoffe in <b>Elemente</b>  starb bei der Französischen Revolution auf der Guillotine	

1745-1827	<b>Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Graf von Volta</b>	zeigte, dass die Elektrizität menschliche Sinne reizen kann; erfand die <b>Voltasche Säule</b> (erste <b>Batterie</b> )	Vkl
1749-1827	<b>Pierre Simon Laplace</b>	Grundlagen der <b>Himmelsmechanik</b> : genaue Untersuchungen und Erklärungen zu den Gezeiten, der Abplattung der Planeten, der Einflüsse der Planeten aufeinander (Bahnstörungen), der Stabilität des Sonnensystems; „ <b>Nebular-Hypothese</b> “ für die Entstehung des Sonnensystems (sehr ähnlich zu heutigen Theorien!)  Außerdem war er sechs Wochen lang der <b>Innenminister von Napoleon</b> und wurde dann wegen <b>Unfähigkeit</b> entlassen.	B/F 12
1753-1814	<b>Sir Benjamin Thompson, Reichsgraf von Rumford</b>	Untersuchung des Bohrens von Geschützen: das Metall nimmt beliebig viel Wärme auf, wenn nur lange genug gebohrt wird, ohne dass das Gewicht zunimmt ==> Widerlegung der „Wärmestoff“-Hypothese; <b>Wärme</b> ist kein Stoff, sondern entspricht einer <b>inneren Bewegung</b> der Teile, aus denen ein Körper besteht	Vkl
1753-1815	<b>William Nicholson</b>	entdeckte die <b>Elektrolyse</b> ; erfand das <b>Aräometer</b>	Vkl
1755-1826	<b>Joseph Louis Proust</b>	„ <b>Gesetz der konstanten Proportionen</b> “: chemische Verbindungen enthalten die Elemente stets im selben Verhältnis	
1766-1844	<b>John Dalton</b>	Erklärung des <b>Gesetzes der konstanten Proportionen</b> : Körper sind aus <b>Atomen</b> aufgebaut; daraus: Verhältnisse der <b>Gewichte der Atome</b> der verschiedenen Elemente	B/F 13
1773-1829	<b>Thomas Young</b>	untersuchte <b>Wellen</b> (Wasser, Licht, Schall), entdeckte die <b>Interferenz</b> ==> <b>Licht ist eine Welle</b> ; bis Fresnel aber nicht akzeptiert	B/F 13
1773-1858	<b>Robert Brown</b>	entdeckte die <b>Brownsche Bewegung</b> (Wärmebewegung von Teilchen)	Vkl
1775-1820	<b>André-Marie Ampère</b> 	wiederholte Ørsted's Versuch und zeigte, dass sich die Magnetnadel immer senkrecht zum Leiter einstellt; dass sich zwei <b>stromdurchflossene Leiter anziehen bzw. abstoßen</b> und dass ein quadratisches Abstandsgesetz gilt; vermutete, dass <b>fließende Ladung</b> letztlich die <b>Ursache für jeden Magnetismus</b> ist und das Erdmagnetfeld durch Ströme entsteht; erfand das <b>Galvanometer (Drehspulinstrument)</b> und den <b>Telegraphen</b> ; legte die <b>technische Stromrichtung</b> fest	B/F 12
1776-1856	<b>Amedeo Avogadro</b>	Namensgeber „ <b>Molekül</b> “; <b>Avogadrosche Regel</b> : „Bei gleichem Druck und Temperatur enthält ein gegebenes Volumen Gas stets die gleiche Anzahl Moleküle.“ (Folgerung aus den Gesetzen von Gay-Lussac und Galton); diese Anzahl wurde zuerst von Loschmidt bestimmt, heißt aber ihm zu Ehren <b>Avogadro-Zahl</b> (ein <b>Mol</b> = $6,022 \cdot 10^{23}$ Teilchen)	Vkl

1777-1851	<b>Hans Christian Ørsted</b>	Beobachtung: eine Kompassnadel wird durch einen in der Nähe fließenden elektrischen Strom abgelenkt ==> <b>Elektromagnetismus</b> ; Grundlage für <b>Telegraph</b> und <b>Drehspulinstrument</b>	B/F 12
1777-1855	<b>Johann Carl Friedrich Gauß</b> 	erfand das <b>Magnetometer</b> und baute damit den ersten einfachen elektromagnetischen <b>Telegrafen</b> ; fand unabhängig von <b>Kirchhoff</b> dessen <b>Regeln für Stromkreise</b>  wichtige Arbeiten zur <b>Fehlerfortpflanzung</b> ; <b>Methode der kleinsten Quadrate</b>	B/F 12 Vkl F11
1778-1850	<b>Joseph Louis Gay-Lussac</b>	<b>Gesetz von Gay-Lussac</b> : das Volumen eines Gases hängt linear von der Temperatur ab (wenn der Druck konstant bleibt)  in chemischen <b>Verbindungen</b> stehen die Anteile der Elemente stets in einfachen <b>ganzzahligen Verhältnissen</b> zueinander	Vkl
1784-1846	<b>Friedrich Wilhelm Bessel</b>	erste Messung einer Fixstern- <b>Parallaxe</b> (für den Stern 61 Cygni); Ergebnis: er ist 640 000 mal weiter von der Sonne entfernt als die Erde (statt 680 000 mal)	
1785-1850	<b>William Prout</b>	Gewichte aller Atome sind ziemlich genau ganzzahlige Vielfache des Gewichts des Wasserstoff-Atoms ==> Hypothese: <b>alle Materie</b> besteht letztlich aus <b>Wasserstoff-Atomen</b>	
1787-1826	<b>Joseph Fraunhofer</b>	Entdeckung von dunklen Linien im Spektrum der Sonne und anderer Sterne ( <b>Fraunhofer-Linien</b> )	
1788-1827	<b>Augustin Jean Fresnel</b>	Erklärung aller bekannter optischer Erscheinungen (einschließlich der <b>Doppelbrechung</b> und des Fermatschen Prinzips) durch eine <b>Wellentheorie des Lichts</b> ; genaue Untersuchung der Reflexion ( <b>Fresnelsche Formeln</b> ); Erfindung der <b>Fresnel-Linse</b> (siehe Tageslichtprojektor); Messung von <b>Licht-Wellenlängen</b> ; <b>Polarisation</b> des Lichts	B/F 13
1789-1854	<b>Georg Simon Ohm</b> 	Analogie zwischen <b>Stromkreis</b> und <b>Wasserkreislauf</b> : elektrische Stromstärke entspricht der Wasserstromstärke, elektrische Spannung („elektromotorische Kraft“ dem Wasserdruck, eine Batterie einer Pumpe)  entdeckte, dass für manche Stoffe die Stromstärke direkt proportional zur anliegenden Spannung ist ( <b>Ohmsches Gesetz</b> )	Vkl


1791-1867	<b>Michael Faraday</b> 	untersuchte, wie die abgeschiedene Stoffmenge und –masse bei der <b>Elektrolyse</b> (prägte den Begriff, außerdem <b>Kathode, Anode, Kation, Anion, Elektrolyt</b> ) von der geflossenen Ladungsmenge abhängt ( <b>Faraday-Konstante</b> ); zeigte, dass sich Ladung an der Außenseite eines Leiters konzentriert ( <b>Faradayscher Käfig</b> ); entdeckte die <b>elektromagnetische Induktion</b> : eine Stromänderung in einem Leiter führt zu einem Strom in einem anderen Leiter; ebenso auch eine relative Bewegung eines Leiters und eines Magneten ==> Grundlage für <b>Dynamo</b> und <b>Elektromotor</b> ; führte das Konzept der <b>Feldlinien</b> ein (Erklärung durch „Druck“ oder „Spannungen“ im „Äther“)	B/F 12
1791-1872	<b>Samuel Finley Breese Morse</b>	<b>Morseapparat</b> (erster brauchbarer <b>Telegraf</b> )	
1796-1831	<b>Sadi Carnot</b>	untersuchte Dampfmaschinen theoretisch; nahm dabei an, dass Wärme in Arbeit umgewandelt wird; idealisierter <b>Carnot-Prozess</b> ; damit Berechnung des idealen <b>Wirkungsgrads</b>	Vkl
1803-1853	<b>Christian Andreas Doppler</b>	theoretische Vorhersage: Veränderung der Frequenz einer Welle, wenn sich Quelle und Beobachter relativ zueinander bewegen ( <b>Doppler-Effekt</b> )	B/F 13
1804-1865	<b>Heinrich Friedrich Emil Lenz</b>	formulierte die <b>Lenzsche Regel</b> : <b>induzierte Ströme</b> sind immer so gerichtet, dass sie ihrer <b>Ursache entgegen</b> wirken	B/F 12
1805-1865	<b>Sir William Rowan Hamilton</b>	Umschreibung der Newtonschen Gesetze auf beliebige mechanische Systeme durch Einführung von „ <b>generalisierten Impulsen</b> “	
1808-1896	<b>Antonio Meucci</b>	erfand das <b>Telefon</b> (verlor aber die Patentstreitigkeiten gegen Bell)	
1811-1877 und 1819-1892	<b>Urbain J. J. Leverrier</b> und <b>John Couch Adams</b>	Vorhersage eines neuen Planeten auf Grund von Bahnstörungen des Uranus ==> Entdeckung des <b>Neptun</b>	
1811-1899	<b>Robert Wilhelm Bunsen</b>	Erfindung des <b>Bunsen-Brenners</b> ; zusammen mit Kirchhoff: Entwicklung der <b>Spektralanalyse</b> ; Anwendung zur Erklärung der <b>Fraunhofer-Linien</b>	(B/F 13)
1816-1892	<b>Ernst Werner von Siemens</b>	Begründer der <b>Galvanotechnik</b> , baute den ersten <b>Dynamo</b>	B/F 12
1814-1878	<b>Julius Robert von Mayer</b>	zeigte, dass Arbeit in Wärme umgewandelt werden kann; Ergebnis der Messung des <b>mechanischen Wärmeäquivalents</b> : um 1 g Wasser um 1°C zu erwärmen, braucht man 4,17 J (statt 4,19 J); formulierte als erster den <b>Energieerhaltungssatz (1. Hauptsatz der Thermodynamik)</b>  konnte sich mangels Ausbildung nicht wissenschaftlich ausdrücken; deswegen wurden seine Ergebnisse und Hypothesen lange angezweifelt	Vkl  B12 / F11

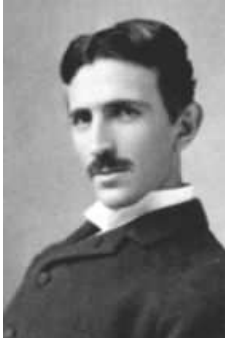

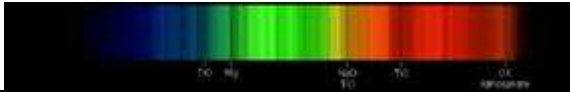
1818-1889	<b>James Prescott Joule</b> 	unabhängig von Mayer Bestimmung des <b>mechanischen Wärmeäquivalents</b> ; zusätzlich: auch andere Energieformen sind ineinander umwandelbar; dabei geht nie etwas verloren oder kommt dazu ==> <b>Energieerhaltung</b> ==> Unmöglichkeit eines <b>perpetuum mobile</b> ; berechnete die mittlere Geschwindigkeit eines Luftteilchens ( $\approx 500$ m/s)	Vkl  F11,B12
1819-1886	<b>Jean Bernard Léon Foucault</b>	Messung der <b>Lichtgeschwindigkeit</b> mit der <b>Drehspiegelmethode</b> (Ergebnis: 298 000 km/s statt 300 000); Lichtgeschwindigkeit in optisch dichteren Medien kleiner ==> Nachweis der Wellentheorie des Lichts; Nachweis der <b>Erdrotation</b> mit dem <b>Foucaultschen Pendel</b> ; Erfindung des Gyroskops; Entdeckung der Natrium-Linie im <b>Sonnenspektrum</b>	Vkl
1819-1896	<b>Armand-Hippolyte-Louis Fizeau</b>	Messung der <b>Lichtgeschwindigkeit</b> mit der <b>Zahnradmethode</b> (Ergebnis: 315 000 km/s statt 300 000); <b>optischer Dopplereffekt</b>	Vkl
1821-1894	<b>Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz</b>	erfand <b>Helmholtz-Spule</b> und <b>Helmholtz-Resonator</b> ; untersuchte Wirbel in Flüssigkeiten ( <b>Wirbelsätze</b> ) ==> Grundlagen der <b>Hydrodynamik</b> ; Lösung der <b>Helmholtz-Gleichung</b> (beschreibt Wellenausbreitung); aus Beobachtung: immerwährende Bewegung unter Arbeitsabgabe ( <b>perpetuum mobile</b> ) ist unmöglich ==> die <b>Energie bleibt erhalten</b> ; Begriff der <b>freien Energie</b>	B/F 12  Vkl, F11, B12
1821-1895	<b>Joseph Loschmidt</b>	Bestimmung der <b>Größe der Luftmoleküle</b> ==> Bestimmung der Anzahl der Luftmoleküle in einem gegebenen Volumen (Loschmidtsche Zahl, daraus berechenbar: Avogadro-Zahl)	B/F 13
1822-1888	<b>Rudolf Julius Emanuel Clausius</b>	zeigte, dass der Druck eines <b>idealen Gases</b> (unendlich kleine Teilchen, keine Kräfte zwischen ihnen) genau $\frac{2}{3}$ der (kinetischen) Energiedichte ist (wenn alle Teilchen gleich schnell sind); folgerte daraus das <b>Boyle-Mariottesche Gesetz</b> , das von <b>Gay-Lussac</b> , und dass die Geschwindigkeit von Gasteilchen indirekt proportional zur Quadratwurzel ihrer Atommasse ist  führte den Begriff <b>Entropie</b> ein, und formulierte den <b>2. Hauptsatz der Thermodynamik</b> (Wärme fließt nie vom kälteren zum wärmeren Körper bzw. Wärme kann in einem reversiblen Kreisprozess nie vollständig in Arbeit umgewandelt werden bzw. in einem abgeschlossenen System kann die Entropie nicht abnehmen)	Vkl


<p><b>1824-1887</b></p>	<p><b>Gustav Robert Kirchhoff</b></p> 	<p><b>Kirchhoffsche Regeln</b> für Stromkreise:  1. Die Summe aller Ströme in einem Knotenpunkt ist null. (<b>Knotenregel</b>)  2. Die Summe aller Spannungen einer Masche ist null. (<b>Maschenregel</b>)</p> <p>Entwicklung der <b>Spektralanalyse</b> zusammen mit Robert Bunsen</p> <p><b>Kirchhoffsches Strahlungsgesetz:</b> das Verhältnis aus dem Absorptions- und dem Abstrahlvermögen ist für alle Körper gleich und nur von der Temperatur und der Frequenz abhängig; Konzept des „<b>Schwarzen Körpers</b>“ (idealer Absorber und damit auch idealer Strahler)</p>	<p>Vkl</p>
<p><b>1824-1907</b></p>	<p><b>William Thomson, 1. Baron Kelvin</b></p> 	<p>Einführung des Begriffs <b>Energie</b> (vorher i. A. als „Kraft“ bezeichnet); Annahme: Wärme ist eine ziellose Bewegung der Teilchen eines Körpers ==&gt; es gibt einen <b>absoluten Nullpunkt</b> der Temperatur (keine Bewegung mehr); Messung der Temperatur ab diesem Punkt ==&gt; <b>Kelvin-Skala</b>;</p> <p>zusammen mit Joule: Entdeckung des <b>Joule-Thompson-Effekts</b> (Abkühlung eines Gases bei Ausdehnung);</p> <p>berechnete das Alter der Erde zu 24 Millionen Jahren (auf Grund ihrer Abkühlung) und der Sonne zu 20 Millionen Jahren (auf Grund ihrer Zusammenziehung), sah dies als seine größte Leistung an – aber das Ergebnis war falsch, weil die Radioaktivität noch nicht bekannt war</p> <p>außerdem fand er die <b>Telegraphengleichung</b></p>	<p>Vkl</p>
<p><b>1824-1914</b></p>	<p><b>Johann Wilhelm Hittorf</b></p>	<p>stellte fest: in gasgefüllten Röhren mit geheizter Kathode breitet sich von dieser aus eine elektrische Strahlung geradlinig aus (<b>Kathodenstrahlen, Glühemission</b>); diese wirft einen Schatten; sie ist durch ein <b>Magnetfeld</b> ablenkbar ==&gt; sie besteht aus <b>elektrisch (negativ) geladenen Teilchen</b></p>	<p>B/F 12</p>
<p><b>1830-1895</b></p>	<p><b>Julius Lothar von Meyer</b></p>	<p>Einteilung der Elemente in Gruppen mit ähnlichen Eigenschaften; Beobachtung, dass sich manche Eigenschaften periodisch wiederholen ==&gt; Aufstellung des „<b>Periodensystems der Elemente</b>“; innerer Aufbau der Atome als Ursache der Periodizität vermutet</p>	<p>Vkl</p>




1831-1879	James Clerk Maxwell 	fasste Faradays Ideen von <b>Feldlinien</b> in eine mathematische Form: <b>Maxwellsche Gleichungen der Elektrodynamik</b> : $\oint_A \vec{D} \cdot d\vec{A} = Q$ $\oint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$ $\oint_{\partial A} \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt} \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$ $\oint_{\partial A} \vec{H} \cdot d\vec{s} = I + \frac{d}{dt} \int_A \vec{D} \cdot d\vec{A}$ <p>sagte damit die Existenz <b>elektromagnetischer Wellen</b> voraus und zeigte, dass ihre Geschwindigkeit gleich der Lichtgeschwindigkeit ist ==&gt; Vermutung: <b>Licht eine elektromagnetische Welle</b> (zugrunde lag aber immer noch ein „Äther“, in dem sich die Wellen ausbreiten)</p> <p>unabhängig von Boltzmann: <b>Maxwell-Boltzmann-Verteilung</b> (gibt an, welcher Anteil der Teilchen in einem Gas jeweils welche Geschwindigkeit hat); Gedankenexperiment: „<b>Maxwellscher Dämon</b>“</p>	B/F 12        B/F 13
1835-1893	Josef Stefan	fand experimentell das <b>Stefan-Boltzmann-Gesetz</b> : die insgesamt abgestrahlte Energiemenge eines Temperaturstrahlers ist proportional zur vierten Potenz seiner absoluten Temperatur (vgl. Boltzmann)	
1837-1923	Johannes Diderik van der Waals	untersuchte <b>reale Gase</b> (Teilchen sind nicht unendlich klein und ziehen sich an, wenn sie nahe beieinander sind: <b>van-der-Waals-Kräfte</b> ), daraus: <b>van-der-Waals-Gleichung</b> ; beschreibt auch die Verflüssigung von Gasen; erste quantitative Erklärung der drei Aggregatzustände; Existenz von „ <b>kritischen Punkten</b> “ (Temperatur, oberhalb der einer Verflüssigung durch Druckerhöhung nicht möglich ist)	Vkl
1834-1907	Dmitri Iwanowitsch Mendelejew	unabhängig von Lothar Meyer Aufstellung des „ <b>Periodensystems der Elemente</b> “; damit Vorhersage der damals noch unbekannt Elemente Gallium, Scandium, Germanium	Vkl
1838-1916	Ernst Mach	experimentelle Bestätigung des <b>Doppler-Effekts</b> ; Forschungen zu schnellen Bewegungen durch Luft ==> <b>Mach-Zahl</b> (Verhältnis der Geschwindigkeit zur Schallgeschwindigkeit); <b>Machsches Prinzip</b> : <b>absoluter Raum</b> ist sinnloser Begriff, letztlich kann man nur von einer <b>Relativbewegung</b> in Bezug auf den Rest des Universums reden (aus Analyse des „ <b>Eimer-Gedankenexperiments</b> “ Newtons)	
1842-1923	Sir James Dewar	erfand das <b>Dewar-Gefäß</b> (Grundlage der <b>Thermoskanne</b> ); damit Verflüssigung von Fluor und Wasserstoff	(Vkl)

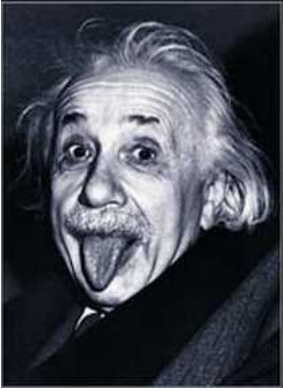
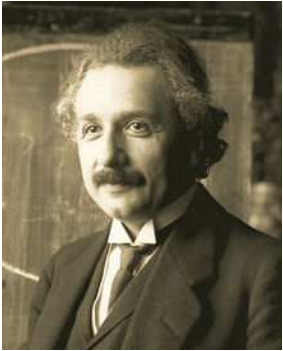
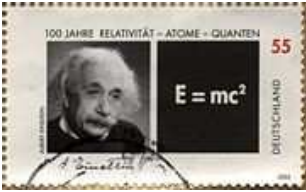
1844-1906	<b>Ludwig Boltzmann</b>	zusammen mit Maxwell Begründer der <b>Statistischen Mechanik</b> ; deutete die <b>Entropie</b> im Teilchenmodell (==> <b>Boltzmann-Konstante</b> ); begründete das <b>Stefan-Boltzmann-Gesetz</b> theoretisch (s. Josef Stefan)	
1845-1923	<b>Wilhelm Conrad Röntgen</b> 	(zufällige!) Entdeckung der <b>Röntgenstrahlung</b> (im englischsprachigen Raum: x-rays); erste Röntgenaufnahme (von der Hand seiner Frau)	B/F 13
1847-1931	<b>Thomas Alva Edison</b>	erfand die Kohlefaden- <b>Glühlampe</b> , den <b>Elektrischen Stuhl</b> u. a.; entdeckte den <b>glühelektrischen Effekt</b>	B/F 12
1850-1918	<b>Karl Ferdinand Braun</b>	entwickelte die Kathodenstrahlröhre ( <b>Braunsche Röhre</b> ); Grundlage für das <b>Oszilloskop</b> und (Röhren-) <b>Fernseher</b>	B/F 12
1852-1908	<b>Antoine Henri Becquerel</b> 	Entdecker der <b>Radioaktivität</b> : stellte fest, dass <b>Uran</b> ständig eine Strahlung abgibt, die Materie durchdringen kann, Fotoplatten schwärzt, Leuchtschirme zum Leuchten bringt und Gase elektrisch leitend macht; Nachweis, dass die entdeckte ( <b>Beta</b> -) Strahlung magnetisch ablenkbar ist, also aus (negativ) geladenen Teilchen besteht	B/F 13
1852-1931 und 1838-1923	<b>Albert Abraham Michelson</b> und <b>Edward Williams Morley</b>	Versuch der Messung der <b>Geschwindigkeit</b> , mit der sich die Erde durch den „Äther“ bewegt; Ergebnis: 0! (im Rahmen der Messgenauigkeit; inzwischen mehrmals mit noch genaueren Messinstrumenten wiederholt); Widerspruch zur Aberration! (vgl. Bradley)	B/F 13
1853-1926	<b>Heike Kamerlingh Onnes</b>	erstmalig Verflüssigung von Helium; damit Entdeckung der <b>Supraleitung</b>	
1853-1928	<b>Hendrik Antoon Lorentz</b>	Erklärung des Ergebnisses des Michelson–Morley-Versuchs durch die <b>Lorentz-Kontraktion</b> : bewegt sich ein Körper durch den „Äther“, so wird er in Bewegungsrichtung verkürzt; Hypothese: Licht entsteht durch Bewegung der Elektronen in den Atomen, damit Erklärung des „Zeeman-Effekts“ (Aufspaltung der <b>Spektrallinien</b> in einem <b>Magnetfeld</b> ); nach ihm sind die <b>Lorentz-Kraft</b> (Kraft auf bewegte Ladungen in einem <b>Magnetfeld</b> ) und die <b>Lorentz-Transformation</b> der Speziellen Relativitätstheorie benannt	B/F 13

1854-1912	Jules Henri Poincaré	grundlegende Arbeiten, die zu Einsteins <b>Spezieller Relativitätstheorie</b> führten und beitrugen	B/F 13
1854-1919	Johannes Robert Rydberg	fand eine Formel für die Frequenzen der <b>Wasserstoff-Spektrallinien</b> (proportional zur <b>Rydberg-Konstante</b> )	B/F 13
1855-1938	Edwin Herbert Hall	<b>Hall-Effekt</b> (Auftreten einer Querspannung in einem stromdurchflossenen Leiter in einem Magnetfeld)	B/F 12
1856-1940	Sir Joseph John Thomson	Untersuchung von <b>Kathodenstrahlen</b> ==> Entdeckung des <b>Elektrons</b> ; Messung des Verhältnisses seiner Ladung zu seiner Masse und später auch seiner Ladung ==> Nachweis, dass Elektronen viel leichter als Atome, also Bestandteile davon sind – also dass Atome teilbar sind; <b>Thomsonsches Atommodell (Plumpudding-Modell)</b> : die Elektronen sind in eine Wolke positiver Ladung eingebettet wie Rosinen in einen Kuchen; wies nach, dass Wasserstoffatome genau ein Elektron enthalten; wies nach, dass Atome eines Elements unterschiedlich schwer sein können ( <b>Isotope</b> )	B/F 12 B/F 13
1856-1943	Nikola Tesla 	zahlreiche Erfindungen zur Wechselstrom-Technik, z. B. <b>Wechselstrom-Generator, Tesla-Transformator, elektrische Energieübertragung, ...</b>  im späteren Leben dann zunehmend verrückte Ideen und Erfindungen	B/F 12
1857-1894	Heinrich Rudolf Hertz 	Nachweis der Existenz <b>elektromagnetischer Wellen (Radiowellen)</b> und dass ihre Eigenschaften mit denen des Lichts übereinstimmen ==> <b>Licht ist eine elektromagnetische Welle</b> ; Grundlage für das <b>Radio (Hertzscher Dipol)</b> ; Entdeckung des äusseren <b>Photoeffekts</b> ; zeigte, dass <b>Kathodenstrahlung</b> Materie relativ leicht durchdringt ==> sie muss aus Teilchen bestehen, die kleiner als Atome sind	B/F 13
1857-1911, 1863-1941, 1866-1952	Williamina Paton Stevens Fleming, Annie Jump Cannon, Antonia Caetana De Paiva Pereira Maury	entwickelten die <b>Harvard-Klassifikation</b> von <b>Sternen</b> an Hand ihrer <b>Spektren</b> ; führten die <b>Spektralklassen</b> und den zugehörigen Merkspruch „Oh, Be A Fine Girl/Guy, Kiss Me“ ein  	

1858-1947	<b>Max Karl Ernst Ludwig Planck</b> 	<p>erste richtige Beschreibung der Strahlung eines <b>Schwarzen Körpers (Plancksches Strahlungsgesetz)</b>, zur Herleitung nötig: Annahme, dass Energie nur in in „Paketen“ (<b>Quanten</b>) der Größe <math>E = h f</math> abgegeben werden kann (f: Strahlungsfrequenz, h: <b>Plancksches Wirkungsquantum</b>) ==&gt; Geburtsstunde der <b>Quantenphysik</b></p> <p>Arbeiten zur <b>Statistischen Mechanik</b>, speziell zur <b>Entropie</b>; führte die <b>Boltzmann-Konstante</b> ein</p> <p>unterstützte Einsteins Ideen und trug damit wesentlich zur Akzeptanz der <b>Speziellen Relativitätstheorie</b> bei, lehnte aber wie Einstein die (Kopenhagener Interpretation der) <b>Quantenmechanik</b> ab</p>	B/F 13
1860-1934	<b>Paul Ulrich Villard</b>	entdeckte die <b>Gamma-Strahlung</b>	B/F 13
1862-1942 und 1890-1971	<b>Sir William Henry Bragg und Sir William Lawrence Bragg</b>	entwickelten die Drehkristall-Methode für die <b>Röntgenstrukturanalyse (Bragg-Gleichung)</b>	B/F 13
1862-1947	<b>Philipp Eduard Anton (von) Lenard</b>	<p>Untersuchung des <b>Photoeffekts</b> zeigte: die Anzahl der freigesetzten Elektronen hängt von der Intensität des Lichts ab, ihre Energie aber von der Frequenz des Lichts; Untersuchungen zu den <b>Kathodenstrahlen</b>, Erfinder der Entladungsröhre (nötig für Röntgen!)</p> <p>wurde im Dritten Reich einer der Wortführer der sogenannten „Arischen Physik“</p>	B/F 13
1864-1909	<b>Hermann Minkowski</b>	mathematische Deutung von Einsteins <b>spezieller Relativitätstheorie</b> : Raum und Zeit sind nicht getrennt, sondern bilden zusammen die vierdimensionale <b>Raumzeit</b> ; der Übergang zu einem bewegten Bezugssystem entspricht in der Raumzeit einer Art Drehung; Konzept des <b>Viererimpulses</b> , der <b>Vierergeschwindigkeit</b> , des <b>Feldstärkentensors</b> usw.	
1864-1928	<b>Wilhelm Wien</b>	erfand das <b>Wiensche Geschwindigkeitsfilter</b> ; fand das <b>Wiensche Verschiebungsgesetz</b> (die Frequenz, bei der ein strahlender Schwarzer Körper die meiste Energie abgibt, ist proportional zu seiner Temperatur); vermutete, dass sämtliche physikalische Prozesse elektromagnetischer Natur sind	B/F 12


1867-1934 und 1859-1906	<b>Marie Skłodowska-Curie</b> und <b>Pierre Curie</b>  	Marie: Nachweis, dass Stahl oberhalb einer bestimmten Temperatur ( <b>Curie-Temperatur</b> ) nicht mehr magnetisch ist; zeigte, dass auch Thorium <b>radioaktiv</b> ist zusammen: bei Untersuchung der <b>Radioaktivität</b> von Pechblende <b>zwei neue Elemente</b> entdeckt (Polonium und Radium – 1 g aus mehreren t Rohmaterial!); Nachweis, dass <b>Radioaktivität von</b> äußeren Einflüssen ( <b>Druck, Temperatur, ...</b> ) <b>unabhängig</b> ist; Nachweis, dass <b>Beta-Strahlung</b> aus sehr schnellen <b>Elektronen</b> besteht	B/F 13
1868-1921	<b>Henrietta Swan Leavitt</b>	entdeckte die Perioden-Leuchtkraft-Beziehung der <b>Cepheiden</b> (Sterne, die periodisch ihre Leuchtkraft verändern) ==> Grundlage für <b>kosmische Entfernungsbestimmungen</b>	
1868-1951	<b>Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld</b>	Erweiterung des <b>Bohrschen Atommodells</b> zur Erklärung der <b>Feinstruktur</b> des Wasserstoff-Spektrums; führte die <b>Feinstrukturkonstante <math>\alpha</math></b> ein	
1868-1953	<b>Robert Andrews Millikan</b>  	zeigte, dass die elektrische Ladung von Öltröpfchen immer ein ganzzahliges Vielfaches einer bestimmten Ladungsmenge, der <b>Elementarladung</b> , ist  Untersuchung der <b>kosmischen Strahlung</b>	B/F 12
1869-1959	<b>Charles Thomson Rees Wilson</b>	erfand die <b>Nebelkammer</b> und machte damit erstmals <b>Alpha-, Beta- und Röntgenstrahlung</b> sichtbar	B/F 13
1871-1937	<b>Ernest Rutherford, 1. Baron Rutherford of Nelson</b>  	Nachweis: es gibt drei verschiedene Arten von <b>Radioaktivität: <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>- und <math>\gamma</math>-Strahlung</b> (Durchdringung von Materie, Ablenkung durch Magnete unterschiedlich); Nachweis, dass die <b>Gamma-Strahlung</b> eine elektromagnetische Strahlung ist; exponentielle Abnahme der Radioaktivität mit der Zeit ( <b>Halbwertszeit</b> ); <b>Zerfallsreihen</b> ; erste <b>Kernumwandlungen</b> und <b>Kernspaltungen</b> ; postulierte die Existenz des <b>Neutrons</b> mit Soddy: Nachweis, dass <b>Alpha-Strahlung</b> aus <b>Helium-Atomkernen</b> besteht; Soddy prägte den Begriff <b>Isotop</b> mit Geiger und Marsden: <b>Rutherford-Streuung und -Atommodell</b> : Nachweis, dass die meiste Ladung und Masse eines Atoms in einem kleinen Bereich ( <b>Atomkern</b> ) konzentriert ist; die Elektronen bilden die viel größere <b>Atomhülle</b> ; Geiger alleine: <b>Geigerzähler</b>	B/F 13
1877-1956 1889-1970 1882-1945	wichtige Mitarbeiter: <b>Frederick Soddy,</b> <b>Sir Ernest Marsden,</b> <b>Johannes Wilhelm Geiger</b>		

1873-1916	<b>Karl Schwarzschild</b>	Anwendung der <b>Allgemeinen Relativitätstheorie</b> auf statische, kugelsymmetrische Probleme ==> Vorhersage von <b>Schwarzen Löchern (Schwarzschild-Radius, -Metrik)</b>	
1873-1967 und 1877-1957	<b>Ejnar Hertzsprung und Henry Norris Russell</b>	Hertzsprung definierte die <b>absolute Helligkeit</b> eines Sterns; er entdeckte, dass <b>Sterne</b> gleicher <b>Temperatur</b> in zwei verschiedenen Größen vorkommen: <b>Riesen-</b> und <b>Zwergsterne</b> ; entwickelte zur Darstellung ein Temperatur-Leuchtkraft-Diagramm, das von Russell überarbeitet und erweitert wurde ( <b>Hertzsprung-Russell-Diagramm</b> )  Russell wies nach, dass die <b>Sonne</b> im Verhältnis 3:1 aus <b>Wasserstoff und Helium</b> besteht; vermutete (falsch), dass sich Sterne im Laufe ihrer Entwicklung entlang der <b>Hauptreihe</b> bewegen	
1874-1937	<b>Guglielmo Marchese Marconi</b>	erfand den <b>Funk</b> (drahtlose <b>Telegrafie</b> )	B/F 13
1877-1944	<b>Charles Glover Barkla</b>	entdeckte die <b>charakteristische Röntgenstrahlung</b> und die <b>Polarisation</b> der Röntgenstrahlung	B/F 13
1877-1945	<b>Francis William Aston</b>	entwickelte den <b>Massenspektrograph</b> ; identifizierte mehr als 200 der 287 natürlich vorkommenden <b>Isotope</b>	(B/F 12)
1877-1946	<b>Sir James Hopwood Jeans</b>	Untersuchung der Bedingungen, unter denen eine <b>Gaswolke</b> zusammenfällt und einen <b>Stern</b> bilden kann ( <b>Jeans-Kriterium</b> )	
1878-1968, 1904-1979	<b>Lise Meitner (mit Otto Robert Frisch)</b> 	Zusammenarbeit mit Hahn u. a.; theoretische Erklärung der <b>Kernspaltung</b> , darum wurde Meitner als „ <b>Mutter der Atombombe</b> “ bezeichnet – sie war allerdings eine Pazifistin!  Es gab eine lange Diskussion, ob sie zusammen mit Hahn den Nobelpreis verdient hätte – sie selbst war aber nie dieser Ansicht.	B/F 13

<p>1879-1955</p>	<p>Albert Einstein</p>   	<p><b>Spezielle Relativitätstheorie</b> und –<b>prinzip</b>: Alle Naturgesetze müssen für einen ruhenden Beobachter und einen gleichförmig bewegten gleich sein ==&gt; alle <b>Inertialsysteme</b> sind gleichberechtigt; <b>kein absoluter Raum, keine absolute Zeit</b>, sondern beides von der Bewegung abhängig; keine absoluten Geschwindigkeiten, sondern nur <b>relative</b>; <b>Lichtgeschwindigkeit</b> ist nicht in Bezug auf den „Äther“ konstant, sondern <b>für jeden Beobachter gleich</b>; daraus folgt: „Äther“ ist überflüssig; <b>Längenkontraktion, Zeitdilatation, keine Gleichzeitigkeit, Äquivalenz von Masse und Energie (<math>E=mc^2</math>), relativistischer (auch transversaler) Dopplereffekt, elektrische und magnetische Kräfte sind äquivalent</b>; eine streng mathematische Formulierung der Theorie erfolgte erst durch Minkowski.</p> <p><b>Allgemeine Relativitätstheorie</b> und –<b>prinzip</b>: Alle Naturgesetze müssen für <b>alle</b> Beobachter gleich sein, auch für nicht gleichförmig bewegte; führt automatisch auf eine <b>geometrische Deutung der Gravitation</b>: die <b>Raumzeit</b> ist <b>gekrümmt</b>, alle Körper bewegen sich darin auf „kürzesten Linien“ (<b>Geodäten</b>); <b>freier Fall</b> und <b>Schwerelosigkeit</b> sind äquivalent, ebenso Trägheitskräfte bei einer <b>gleichmäßigen Beschleunigung</b> und die Schwerkraft; damit: richtige Beschreibung der <b>Periheldrehung des Merkur, Lichtablenkung an der Sonne, Rotverschiebung</b> im Schwerfeld; Vorhersage von <b>Schwarzen Löchern, der Ausdehnung des Weltalls</b> (er meinte zuerst, dass Weltall sei statisch, und führte dafür die <b>Kosmologische Konstante</b> in seine Gleichungen ein), von <b>Gravitationswellen</b> und <b>Gravitationslinsen</b> (meinte aber, sie wären nicht beobachtbar, weil er nur an Sterne dachte)</p> <p>Deutung des <b>Photoeffekts</b> mit <b>Lichtquanten (Photonen)</b>; dafür Nobelpreis, nicht für die Relativitätstheorie!</p> <p><b>Einstein-Koeffizienten</b> zur Beschreibung der „stimulierten“ und „spontanen Emission“ von Photonen ==&gt; Grundideen des <b>Lasers</b></p> <p>wendete die Ideen von Bose auf Atome an ==&gt; Vorhersage von <b>Bose-Einstein-Kondensaten</b></p> <p>Versuch einer „einheitlichen Feldtheorie“ (Vereinigung von Gravitation und Elektromagnetismus) gescheitert</p>	<p>B/F 13</p> <p>B/F 13</p>
------------------	---	--	-----------------------------



1879-1959	Owen Willans Richardson	rechnerische Behandlung der <b>Glühemission (Richardson-Gleichung)</b>	B/F 12
1879-1960	Max von Laue	<b>Beugung</b> von <b>Röntgenstrahlen</b> an Kristallen ==> Nachweis, dass Röntgenstrahlen <b>elektromagnetische Wellen</b> sind, und dass Kristalle eine Gitterstruktur haben ==> Grundlage der <b>Röntgen-Strukturanalyse</b> von Kristallen	B/F 13
1879-1968 und 1902-1980	Otto Hahn und Fritz Straßmann	Hahn entdeckte zahlreiche radioaktive <b>Isotope</b> und (zusammen mit Straßmann) die <b>Kernspaltung</b> durch Neutronen (Hahn fühlte sich deshalb mitverantwortlich für den Bau der Atombombe); überzeugter Gegner der Nazis, rettete viele Kollegen	B/F 13
1881-1948	Richard Chace Tolman	Nachweis, dass <b>Elektronen</b> die Träger des <b>elektrischen Stroms</b> in Metallen sind und Messung ihrer Masse ( <b>Tolman-Effekt</b> ); Nachweis, dass die Strahlung eines <b>schwarzen Körpers</b> auch bei <b>Ausdehnung des Universums</b> thermisch bleibt, aber sich abkühlt	
1881-1958, 1896-1971, 1892-1975	Clinton Joseph Davisson, Lester Halbert Germer, Sir George Paget Thomson	Davisson und Germer einerseits, Thomson andererseits entdeckten unabhängig voneinander die <b>Beugung</b> von <b>Elektronen</b> an einem Kristallgitter ==> Nachweis der <b>Materiewellen</b> de Broglies	B/F 13
1882-1935	Amalie „Emmy“ Noether 	<b>Noether-Theorem</b> (eine der wichtigsten Grundlagen der modernen Physik!): „ <i>Zu jeder kontinuierlichen Symmetrie eines physikalischen Systems gehört eine Erhaltungsgröße und umgekehrt.</i> “ (z. B. folgt die <b>Energieerhaltung</b> aus der <b>Homogenität der Zeit</b> : die Wahl der Zeit 0 hat keinen Einfluss auf das Verhalten eines Systems; die <b>Impulserhaltung</b> aus der <b>Homogenität des Raums</b> : die Wahl des Koordinatenursprungs hat keinen Einfluss; die <b>Drehimpulserhaltung</b> aus <b>Isotropie des Raums</b> : die Wahl der Richtungen der Koordinatenachsen hat keinen Einfluss; die <b>Ladungserhaltung</b> folgt aus einer komplizierten Symmetrie)	
1882-1944	Sir Arthur Stanley Eddington 	leitete die Expedition, die bei der <b>Sonnenfinsternis</b> 1919 Einsteins Vorhersage der <b>Lichtablenkung an der Sonne</b> bestätigte  entwarf ein Modell für <b>Entstehung und Aufbau von Sternen</b> ; Vorhersage: <b>Temperatur</b> im Inneren der <b>Sonne</b> ist 20 Millionen °C (statt 15 Millionen); entdeckte eine Beziehung zwischen der <b>Masse</b> und der <b>Leuchtkraft</b> eines Sterns	





1882-1964 und 1887-1975	<b>James Franck</b> und <b>Gustav Ludwig Hertz</b>	<b>Franck-Hertz-Versuch:</b> wies mit Elektronenstößen nach, dass Atome Energie nur in „Paketen“ ( <b>Quanten</b> ) aufnehmen ==> Bestätigung des <b>Bohrschen Atommodells</b>  Franck war Mitarbeiter am <b>Manhattan-Projekt</b> , teilte jedoch zusammen mit anderen Wissenschaftlern dem amerikanischen Kriegsminister seine moralischen Bedenken mit ( <b>Franck Report</b> ).	B/F 13
1882-1970	<b>Max Born</b>	wichtige Arbeiten zur <b>Quantenmechanik</b> : Beiträge zur Entwicklung von Heisenbergs <b>Matrizenmechanik</b> , <b>Bornsche Näherung</b> , <b>Wahrscheinlichkeits-Interpretation</b> der Wellenfunktion ( <b>Kopenhagener Deutung</b> )	B/F 13
1883-1964	<b>Victor Franz Hess</b>	entdeckte die <b>Kosmische Strahlung</b>	
1884-1965	<b>Petrus Josephus Wilhelmus Debye</b>	erklärte die <b>spezifische Wärmekapazität von Festkörpern</b> bei tiefen Temperaturen; außerdem grundlegende Forschungen zum <b>elektrischen Dipolmoment</b> und zur <b>Röntgenstrukturanalyse (Debye-Scherrer-Verfahren)</b>	(Vkl)  (B/F 12) B/F 13
1885-1962	<b>Niels Henrik David Bohr</b>  	Versuch der „ <b>Quantisierung</b> “ der Elektronenbahnen im Wasserstoff-Atom (Drehimpuls muss ganzzahliges Vielfaches von $h$ sein) ==> <b>Bohrsches Atommodell</b> : ähnlich dem Rutherford'schen Modell, aber die Elektronen können sich nur auf bestimmten Bahnen bewegen; erklärt viele Beobachtungen richtig, ist aber dennoch überholt durch die <b>Quantenmechanik</b>  <b>Bohrsches Korrespondenzprinzip</b> : Übergang zwischen klassischer und Quantenmechanik; <b>Komplementaritätsprinzip</b> : Wellen- und Teilcheneigenschaften eines Objekts sind nicht gleichzeitig messbar; „ <b>Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik</b> “  <b>Tröpfchenmodell für Atomkerne</b> ; Arbeiten zur Energiegewinnung durch <b>Kernspaltung</b>  außerdem Torwart in der 1. Liga Dänemarks	B/F 13
1885-1972	<b>Harlow Shapley</b>	untersuchte die Entfernungen von <b>Kugelsternhaufen</b> und fand damit die <b>Größe der Milchstraße</b> zu 100 000 Lichtjahren; vermutete, die Milchstraße sei die einzige Galaxie und alle „Nebel“ lägen innerhalb ==> „ <b>Große Debatte</b> “ mit Curtis	

1887-1915	<b>Henry Gwyn Jeffreys Moseley</b> 	<b>Röntgenspektroskopie (Moseleysches Gesetz);</b> damit Nachweis der physikalischen Grundlage der <b>Ordnungszahl</b> ; Bestätigung des <b>Bohrschen Atommodells</b> ; Vorhersage zweier Elemente	B/F 13
1887-1961	<b>Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger</b> 	aufbauend auf de Broglies Ideen Entwicklung der <b>Wellenmechanik</b> (anschaulichere Beschreibung der <b>Quantenmechanik</b> als Heisenbergs Matrizenmechanik; <b>Schrödinger-Gleichung</b> ); erklärte damit u. a. das <b>Wasserstoff-Atom</b> ; zeigte, dass seine Beschreibung und die Heisenbergs mathematisch äquivalent sind; Gedankenexperiment zur Ablehnung der Kopenhagener Interpretation: „ <b>Schrödingers Katze</b> “	B/F 13
1888-1925, 1894-1966, 1903-1961, 1909-2001	<b>Alexander Alexandrowitsch Friedmann, Abbé Georges Edouard Lemaître, Howard Percy Robertson, Arthur Geoffrey Walker</b>	Anwendung der <b>Allgemeinen Relativitätstheorie</b> auf das Universum als Ganzes, dabei Annahme, dass die Materie gleichförmig verteilt ist ( <b>Kosmologisches Prinzip, Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker-Metrik, Friedmann-Gleichungen</b> ) ==> Entwicklung der <b>Urknall-Theorie</b> ; Lemaître prägte den Begriff „ <b>Uratom</b> “.  Lemaître war außerdem auch katholischer Priester.	
1888-1969 und 1889-1979	<b>Otto Stern und Walther Gerlach</b>	<b>Stern-Gerlach-Versuch:</b> zeigte die <b>Quantisierung</b> des <b>Spins</b> von Atomen; Stern entdeckte außerdem das <b>magnetische Moment</b> des <b>Protons</b>	
1889-1953	<b>Edwin Hubble</b> 	löste erstmals den <b>Andromeda-Nebel</b> in einzelne Sterne auf; damit Messung seiner Entfernung möglich ==> Nachweis, dass er eine eigene <b>Galaxie</b> ist und nicht innerhalb der Milchstraße liegt (==> Widerlegung Shapleys)  entdeckte die <b>Rotverschiebung</b> der <b>Spektrallinien</b> weiter entfernter <b>Galaxien</b> und deren Proportionalität zur Entfernung ( <b>Hubble-Konstante</b> ) ==> erster Nachweis der <b>Ausdehnung des Universums</b> (==> <b>Urknall-Theorie</b> )  katalogisierte zahlreiche Galaxien ( <b>Hubble-Klassifikation</b> )	

1891-1974	Sir James Chadwick	Nachweis, dass die kurz zuvor entdeckte „Beryllium-Strahlung“ aus elektrisch neutralen Teilchen von etwa Protonmasse besteht ( <b>Neutronen</b> ); Nachweis, dass diese Bestandteile des Atomkerns sind; Mitarbeit am <b>Manhattan-Projekt</b>	B/F 13
1892-1962	Arthur Holly Compton	<b>Compton-Effekt</b> : Röntgenstrahlung verliert bei Streuung Energie ==> Beleg für <b>Photonen</b> ; Mitarbeit am <b>Manhattan-Projekt</b>	B/F 13
1892-1987	Louis-Victor Pierre Raymond de Broglie 	vermutete, dass der <b>Welle-Teilchen-Dualismus</b> nicht nur für <b>elektromagnetische Strahlung (Photonen)</b> gilt, sondern auch für jede Form von Materie ==> <b>de Broglie-Wellenlänge</b> ; Nachweis dieser <b>Materiewellen</b> durch Davisson, Germer und Thomson	B/F 13
1893-1956	Meghnad Saha	Erklärung der <b>Sternspektren</b> durch unterschiedliche <b>Oberflächentemperaturen (Saha-Gleichung)</b>	
1894-1974	Satyendranath Bose	behandelte elektromagnetische Strahlung ( <b>Photonen</b> ) als ein „ <b>Quantengas</b> “, leitete dafür die <b>Bose-Einstein-Verteilung</b> her; dies war auch die Grundlage für die <b>Bose-Einstein-Kondensation</b>  Nach ihm sind die <b>Bosonen</b> (Teilchen mit ganzzahligem Spin) benannt.	
1894-1984	Pjotr Leonidowitsch Kapiza	entdeckte die <b>Suprafluidität</b> von Helium bei tiefen Temperaturen	
1898-1974	Fritz Zwicky	Vermutung der Existenz von <b>Dunkler Materie</b> zur Erklärung der Stabilität von <b>Galaxienhaufen</b>  Modell zur Entstehung von <b>Neutronensterne</b> durch <b>Supernovae</b> ; Vorschlag, letztere zur <b>Entfernungsmessung</b> zu benutzen  Idee, dass <b>Galaxien</b> als <b>Gravitationslinsen</b> wirken können (vgl. Einstein: dieser dachte nur an Sterne)	
1898-1988	Isidor Isaac Rabi	Erforschung von <b>magnetischen</b> Eigenschaften der <b>Atomkerne</b> ; dies bildete die Grundlage für <b>NMR</b> und <b>Kernspintomographie</b>	

1900-1958	<b>Wolfgang Ernst Pauli</b> 	<p>Hypothese des <b>Kernspins</b> zur Erklärung der <b>Hyperfeinstruktur</b> in Spektren (diese wird in Form der „21cm-Spektrallinie“ in der Astronomie verwendet, um <b>Wasserstoffgas</b> zu finden)</p> <p><b>Paulisches Ausschließungsprinzip:</b> zwei Elektronen können nie im selben Quantenzustand sein ==&gt; Erklärung des <b>Periodensystems der Elemente</b>; später Verallgemeinerung zum <b>Spin-Statistik-Theorem</b>; <b>Pauli-Matrizen</b> zur Beschreibung des <b>Spins</b></p> <p>postulierte auf Grund der Energie- und Impulserhaltung beim <b>Beta-Zerfall</b> ein unbekanntes leichtes, elektrisch neutrales Teilchen (das <b>Neutrino</b>); grundlegende Arbeiten zur <b>Quantenfeldtheorie</b>; Beweis der <b>CPT-Invarianz</b> jeder relativistischen Quantenfeldtheorie</p> <p>handwerklich sehr ungeschickt – Experimentalphysiker behaupteten, dass seine bloße Anwesenheit Geräte zum Versagen bringt („Pauli-Effekt“)</p> <p>an Gründung des <b>CERN</b> beteiligt</p>	B/F 13
1900-1979	<b>Dennis Gábor</b>	entwickelte die <b>Holografie</b>	
1900-1988 und 1902-1978	<b>George Eugene Uhlenbeck und Samuel Abraham Goudschmidt</b>	postulierten den <b>Spin</b> des Elektrons, um die Ergebnisse des <b>Stern-Gerlach-Versuchs</b> zu erklären	
1900-1992	<b>Jan Hendrik Oort</b>	bestätigte (gemeinsam mit Lindblad) die <b>Rotation der Milchstraße</b> ; zeigte, dass das <b>Zentrum der Milchstraße</b> etwa 30 000 Lichtjahre entfernt im Sternbild Schütze ist und dass die Milchstraße etwa 100 Milliarden Sonnenmassen hat; postulierte eine Kugelschale von Kometen um das Sonnensystem, um deren Herkunft zu erklären ( <b>Oortsche Wolke</b> )	
1901-1954	<b>Enrico Fermi</b> 	<p>Arbeiten zur <b>Quantenmechanik</b> und <b>-statistik</b> (<b>Fermis Goldene Regel</b>, <b>Fermi-Dirac-Verteilung</b>, <b>Fermi-Niveau</b>); Theorie des <b>Beta-Zerfalls</b>, Kernumwandlung mit <b>Neutronenstrahlung</b>, erste kontrollierte <b>nukleare Kettenreaktion</b>; prägte den Namen <b>Neutrino</b></p> <p>Nach ihm sind die <b>Fermionen</b> (Teilchen mit halbzahligem Spin), die Einheit <b>Fermi</b> und die „<b>Fermi-Probleme</b>“ benannt.</p> <p>Mitarbeit am <b>Manhattan-Projekt</b></p>	B/F 13

1901-1976	<b>Werner Karl Heisenberg</b> 	entwickelte zusammen mit Born und Jordan die „ <b>Matrizenmechanik</b> “, eine (noch umständliche und unanschauliche) Formulierung der <b>Quantenmechanik</b> ; damit Herleitung der <b>Heisenbergsche Unschärferelation</b> : Ort und Impuls (oder allgemein eine generalisierte Koordinate und der zugehörige Impuls) eines Teilchens können nicht gleichzeitig genau gemessen werden $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$ außerdem grundlegende Arbeiten zur <b>Kernphysik</b> , zum <b>Ferromagnetismus</b> und zur <b>Quantenfeldtheorie</b> arbeitete am <b>Atomwaffen-Programm</b> der Nazis führend mit und bremste dieses wahrscheinlich entscheidend aus (vgl. Theaterstück „Kopenhagen“)	B/F 13
1902-1984	<b>Paul Adrien Maurice Dirac</b> 	stellte die <b>Quantenphysik</b> auf eine einheitliche, abstrakte mathematische Grundlage; stellte eine <b>relativistische</b> Verallgemeinerung der <b>Schrödingergleichung (Dirac-Gleichung)</b> auf; damit: Existenz von <b>Antimaterie (Positron)</b> vorausgesagt und letzte Feinheiten im <b>Wasserstoff-Spektrum</b> und den <b>Spin</b> des Elektrons erklärt; prägte die Begriffe <b>Fermion</b> (nach Fermi) und <b>Boson</b> (nach Bose); entwickelte parallel zu Fermi die <b>Fermi-Dirac-Verteilung</b> ; vermutete die Existenz von <b>magnetischen Monopolen</b> und erklärte damit die Quantisierung der elektrischen Ladung	
1902-1984	<b>Alfred Kastler</b>	entwickelte das „ <b>optische Pumpen</b> “: Grundlage für Maser und <b>Laser</b>	
1904-1967	<b>Julius Robert Oppenheimer</b>	zusammen mit Born grundlegende Arbeiten zur Quantenmechanik ( <b>Born-Oppenheimer-Näherung</b> ) wissenschaftlicher Leiter des <b>Manhattan-Projekts</b> : „ <b>Vater der Atombombe</b> “; verurteilte aber ihren weiteren Einsatz, nachdem er ihre Folgen gesehen hatte; setzte sich für internationale Kontrolle der Kernenergie und gegen ein nukleares Wettrüsten ein	
1904-1968	<b>George Anthony Gamow</b>	theoretische Arbeiten zum <b>Alpha- und Beta-Zerfall</b> , zur <b>Entstehung der Sterne</b> , zur <b>Elemententstehung im Universum (primordiale Nukleosynthese, „Alpher-Bethe-Gamow-Theorie“</b> : eigentlich war Bethe nicht daran beteiligt, wurde aber in Anlehnung an das griechische Alphabet als Mitautor genannt) ==> Mitbegründer der <b>Urknall-Theorie</b> ; Vorhersage der <b>kosmischen Mikrowellen-Hintergrundstrahlung</b>	

1905-1983	Felix Bloch	<p>grundlegende Arbeiten zur <b>Festkörperphysik (Bändermodell)</b>; Messung von <b>magnetischen Momenten</b> von <b>Atomkernen</b>; entdeckte die <b>kernmagnetische Resonanz (NMR)</b>: Grundlage für die <b>Kernspintomographie</b></p> <p>Mitarbeit am <b>Manhattan-Projekt</b></p>	
1905-1991	Carl David Anderson	entdeckte das <b>Positron</b> , das <b>Antiteilchen</b> zum Elektron (benannte es auch), und das <b>Myon</b> (zunächst fehlinterpretiert als das von Yukawa vorhergesagte <b>Meson</b> ) in der <b>kosmischen Strahlung</b> ; vermutete (falsch), dass Neutronen aus Protonen und Elektronen zusammengesetzt sind	
1906-1938	Ernst August Friedrich Ruska	erfand das <b>Elektronenmikroskop</b>	(B/F 12)
1906-1972 und 1907-1973	Maria Goeppert-Mayer und Johannes Hans Daniel Jensen	Entwicklung des <b>Schalenmodells</b> für <b>Atomkerne</b> ==> Erklärung der „ <b>Magischen Zahlen</b> “ für <b>stabile Nuklide</b>	
1906-2005	Hans Albrecht Bethe 	<p>untersuchte Bremsung von geladenen Teilchen in Materie (<b>Bethe-Heitler-</b> und <b>Bethe-Bloch-Formel</b>): wichtig sowohl im <b>Strahlenschutz</b> als auch für die Erzeugung von <b>Röntgenstrahlung</b>; zusammen mit Weizsäcker: Bindungsenergien von <b>Atomkernen</b> und <b>Energieerzeugung</b> in <b>Sternen</b>; Theorien zu <b>Supernova-Explosionen</b></p> <p>beschrieb zusammen mit Salpeter <b>gebundene Systeme</b> in der <b>Quantenfeldtheorie (Bethe-Salpeter-Gleichung)</b></p> <p>Mitarbeiter im <b>Manhattan-Projekt</b>, aber später Gegner von Kernwaffen, führte eine Kampagne für eine friedliche Nutzung der Kernenergie</p>	B/F 13
1907-1981	Yukawa Hideki	Erklärung der kurzen Reichweite der <b>starken Kernkraft</b> ; damit Vorhersage der Existenz von <b>Mesonen</b> ; Vorhersage des <b>Elektroneneinfangs</b>	(B/F 13)
1910-1995	Subrahmanyan Chandrasekhar	Berechnung der höchsten möglichen Masse eines <b>Weißen Zwergsterns</b>	
1911-1988	Luis Walter Alvarez 	<p>erste Messung eines <b>Elektroneneinfangs</b>; Messung des <b>magnetischen Moments des Neutrons</b>; Entdeckung des <b>Tritiums</b> (wichtig für <b>Kernfusion</b>) und des <b>Omega-Mesons</b> (Bestätigung des <b>Quarks-Modells</b>); Beleg, dass die <b>Dinosaurier</b> durch einen <b>Meteoriten-Einschlag</b> ausstarben (<b>KT-Impakt</b>)</p> <p>Mitarbeit am <b>Manhattan-Projekt</b> und in der Kommission zur Untersuchung des <b>Kennedy-Attentats</b></p>	(B/F 13)

1912-1997	<b>Chien-Shiung Wu</b> („Madame Wu“) 	„Wu-Experiment“: Nachweis der „ <b>Paritätsverletzung</b> “ beim <b>Beta-Zerfall</b> , d. h. die Elektronen werden nicht, wie vorher allgemein vermutet, in alle Richtungen gleich wahrscheinlich ausgesandt, sondern bevorzugt in Richtung der Achse, um die sich der Atomkern dreht	
1912-2007	<b>Carl Friedrich Freiherr von Weizsäcker</b> 	Weiterentwicklung von Bohrs <b>Tröpfchenmodell</b> für <b>Atomkerne</b> , zusammen mit Bethe: Berechnung von Bindungsenergien ( <b>Bethe-Weizsäcker-Formel</b> ), Modell für die Energieerzeugung in Sternen ( <b>Bethe-Weizsäcker- oder CNO-Zyklus</b> )  unklare Beteiligung an Versuchen der Nazis, eine Atombombe zu bauen; nach dem zweiten Weltkrieg aber Forderung eines deutschen Verzichts auf Kernwaffen; vertrat einen „radikalen christlichen Pazifismus“  Bruder des ehemaligen Bundespräsidenten Richard von Weizsäcker	(B/F 13)
1915-1990	<b>Robert Hofstadter</b>	erforschte die innere Struktur von <b>Proton</b> und <b>Neutron</b> durch Streuung von Elektronen	(B/F 13)
1915-2001	<b>Sir Fred Hoyle</b>	wichtige Arbeiten zur <b>Elemententstehung in Sternen</b>  prägte den Begriff „ <b>Big Bang</b> “ (deutsch: <b>Urknall</b> ), obwohl er selbst ein Gegner der Theorie und Vertreter eines „ <b>steady state</b> “-Modells war (im Universum wird ständig neue Materie erzeugt, so dass seine Dichte, Temperatur usw. sich im Schnitt nicht ändern, obwohl es sich ausdehnt)  Vertreter einer „ <b>Panspermie</b> “-Hypothese (das Leben kam aus dem All auf die Erde)	(B/F 13)
1915-	<b>Norman Foster Ramsey</b>	grundlegende Arbeiten zur präzisen Zeit- und Frequenzmessung ==> <b>Atomuhr</b>	(B/F 13)
1915-	<b>Charles Hard Townes</b>	Erfindung des Masers, Idee zur Erweiterung zum <b>Laser</b>  Messung der Masse des <b>Schwarzen Lochs im Zentrum der Milchstraße</b>  erster Nachweis <b>komplexer Moleküle</b> in der <b>interstellaren Materie</b>	

1918-1988, 1906-1979, 1918-1994	<b>Richard Phillips Feynman,</b> <b>Shinichirō Tomonaga,</b> <b>Julian Seymour Schwinger</b> 	quantentheoretische Beschreibung der Elektrodynamik: <b>Quantenelektrodynamik</b>  Feynman erfand außerdem die in der Atom-, Kern- und Teilchenphysik überall verwendeten <b>Feynman-Diagramme</b> und die <b>Pfadintegrale</b> , war begeisterter Hobby-Trommler, Mitarbeiter beim <b>Manhattan-Projekt</b> und Mitglied der Untersuchungskommission der <b>Challenger-Katastrophe</b>  Über seine erste Ehe und den Tod seiner Frau gibt es den <b>Spielfilm</b> „Infinity – Eine Liebe für die Unendlichkeit“.	
1908-1991, 1930-, 1931-	<b>John Bardeen,</b> <b>Leon Neil Cooper,</b> <b>John Robert Schrieffer</b>	Erklärung der <b>Supraleitung</b> mit Hilfe der <b>Quantenmechanik</b> („BCS-Theorie“); Bardeen war außerdem an der Erfindung des <b>Transistors</b> beteiligt (zwei Nobelpreise!)	
1918-1998 und 1919-1974	<b>Frederick Reine und Clyde Lorrain Cowan Jr.</b>	erster experimenteller Nachweis des (Elektronanti-) <b>Neutrinos</b>	
1919-	<b>Robert Vivian Pound</b>	zusammen mit seinem Assistenten Glen Rebka: Nachweis der <b>gravitativen Rotverschiebung</b> (Vorhersage der <b>Allgemeinen Relativitätstheorie</b> )	
1921-, 1922-, 1932-2006	<b>Jack Steinberger,</b> <b>Leon Max Lederman,</b> <b>Melvin Schwartz</b>	Entdeckung des <b>Myon-Neutrinos</b> und Nachweis, dass es vom Elektron-Neutrino verschieden ist; Lederman entdeckte außerdem das <b>Bottom-Quark</b>	
1924- und 1943-	<b>Antony Hewish</b> und <b>Dame Susan Jocelyn Bell Burnell</b>	entdeckten erstmals einen <b>Pulsar</b> ; den Nobelpreis dafür erhielt aber nur Hewish, der Doktorvater von Bell!	
1927- und 1950-	<b>Karl Alexander Müller</b> und <b>Johannes Georg Bednorz</b>	Entdeckung der „ <b>Hochtemperatur</b> “- <b>Supraleitung</b> in keramischen Materialien	
1928-	<b>Vera Cooper Rubin</b>	Untersuchung der <b>Umlaufgeschwindigkeiten</b> von Sternen in <b>Spiralgalaxien</b> ==> Existenz von <b>Dunkler Materie</b>	
1926- und 1929-	<b>Kazuhiko Nishijima</b> und <b>Murray Gell-Mann</b>	Entwicklung des <b>Quark-Modells</b> : Protonen und Neutronen sind aus „ <b>Quarks</b> “ zusammengesetzt; damit auch Erklärung einer Vielzahl anderer bekannter „Elementar“teilchen als zusammengesetzt; „ <b>Acht-facher Weg</b> “	
1926-1999, 1929-, 1930-	<b>Henry Way Kendall,</b> <b>Richard E. Taylor,</b> <b>Jerome Isaac Friedman</b>	experimenteller Nachweis, dass <b>Protonen</b> und <b>Neutronen</b> aus kleineren Teilchen zusammengesetzt sind ==> Bestätigung des <b>Quark-Modells</b>	
1929-	<b>Peter Ware Higgs</b>	Idee des <b>Higgs-Bosons</b> (führt durch Wechselwirkung mit Materie zur <b>Massenträgheit</b> ), wichtig für die <b>elektroschwache Theorie</b>	
1929-	<b>Irwin I. Shapiro</b>	Zeitverzögerung von an der Venus reflektierten Radarsignalen gemessen ( <b>Shapiro-Effekt</b> ; Vorhersage der <b>Allgemeinen Relativitätstheorie</b> )	



1932-, 1926-1996, 1933-	Sheldon Lee Glashow, Abdus Salam, Steven Weinberg 	<b>elektroschwache Theorie</b> („GSW-Theorie“): Vereinheitlichung der <b>elektromagnetischen</b> und der <b>schwachen Kernkräfte</b> (verursachen u. a. den <b>Beta-Zerfall</b> ); Vorhersage der Existenz der <b>W-</b> und <b>Z-Bosonen</b>	
1933- und 1947-	Heinrich Rohrer und Gerd Karl Binnig	Konstruktion des <b>Rastertunnelmikroskops</b>	(B/F 13)
1933- und 1936-	Arnold Allan Penzias und Robert Woodrow Wilson	Entdeckung der <b>kosmischen Mikrowellen-Hintergrundstrahlung</b>	
1938- und 1939-	Albert Louis François Fert und Peter Andreas Grünberg	entdeckten unabhängig voneinander den <b>Riesenmagnetwiderstand</b> (wird benutzt z. B. für magnetische Datenspeicherung in heutigen <b>Festplatten</b> )	
1938- und 1943-	Heinrich Leutwyler und Harald Fritzsch	zusammen mit Gell-Mann: Entwicklung der <b>Quantenchromodynamik</b> (beschreibt die Bindung der <b>Quarks</b> und damit letztlich die <b>starke Kernkraft</b> ; sagt die Existenz von <b>Gluonen</b> voraus)	
1941- und 1950-	Joseph Hooton Taylor Jr. und Russell Alan Hulse	erster (indirekter) Nachweis von <b>Gravitationswellen</b> (Vorhersage der <b>Allgemeinen Relativitätstheorie</b> ) durch Beobachtung eines <b>Doppel Neutronensterns</b>	
1942-	Stephen Hawking	wichtige Arbeiten zur <b>Kosmologie</b> (bewies, dass das Universum unter sehr allgemeinen Voraussetzungen mit einer <b>Singularität</b> begonnen hat) und zu <b>Schwarzen Löchern</b> (zeigte, dass diese „verdampfen“ können: „ <b>Hawking-Strahlung</b> “)	
1951-, 1957-, 1961-	Carl Edwin Wieman, Wolfgang Ketterle, Eric Allin Cornell	erste Erzeugung eines <b>Bose-Einstein-Kondensats</b>  Ketterle demonstrierte außerdem den ersten „ <b>Atomlaser</b> “	
1973	Team des <b>Gargamelle-</b> Detektors am <b>CERN</b>	experimenteller Nachweis des <b>Z-Bosons</b>	
1979	Team des <b>PETRA-</b> Beschleunigers am <b>DESY</b>	erste experimentelle Hinweise für die Existenz der <b>Gluonen</b>	
1983	Team des <b>UA1-</b> Detektor am <b>CERN</b>	experimenteller Nachweis des <b>W-Bosons</b>	
1998	A. G. Riess et al.	Untersuchung ferner <b>Supernovae</b> ==> Entdeckung, dass die <b>Ausdehnung des Universums beschleunigt</b> verläuft	
ab 2001	Team des <b>WMAP-</b> Satelliten 	genaue Vermessung der <b>kosmischen Mikrowellen-Hintergrundstrahlung</b> ; damit Alter des Universums auf 13,7 +- 0,1 Milliarden Jahre bestimmt, Zusammensetzung des Universums: 73% <b>Dunkle Energie</b> , 23% <b>Dunkle Materie</b> , 4% „normale“ Materie	

## Und noch einige Zitate...

### Archimedes:

„Gib mir einen Punkt, wo ich hintreten kann, und ich bewege die Erde.“

### Sir Isaac Newton:

- 1) „If I have seen farther it is by standing on the shoulders of Giants.“
- 2) „I do not know what I may appear to the world, but to myself I seem to have been only like a boy playing on the sea-shore, and diverting myself in now and then finding a smoother pebble or a prettier shell than ordinary, whilst the great ocean of truth lay all undiscovered before me.“
- 3) „Nature and nature's laws lay hid in night; God said "Let Newton be" and all was light.“ (*Alexander Pope über Newton*)

### Georg Christoph Lichtenberg:

- 1) „Die Astronomie ist vielleicht diejenige Wissenschaft, worin das wenigste durch Zufall entdeckt worden ist, wo der menschliche Verstand in seiner ganzen Größe erscheint, und wo der Mensch am besten kennen lernen kann, wie klein er ist.“
- 2) „Ein etwas vorschnippischer Philosoph, ich glaube Hamlet, Prinz von Dänemark hat gesagt: es gebe eine Menge Dinge im Himmel und auf der Erde, wovon nichts in unsern Compendiis steht. Hat der einfältige Mensch, der bekanntlich nicht recht bei Trost war, damit auf unsere Compendia der Physik gestichelt, so kann man ihm getrost antworten: gut, aber dafür stehn aber auch wieder eine Menge von Dingen in unsern Compendiis wovon weder im Himmel noch auf der Erde etwas vorkömmt.“

### Gustav Robert Kirchhoff:

„Eine gute Theorie ist das Praktischste was es gibt.“

### Albert Abraham Michelson:

„Die wichtigsten grundlegenden Gesetze und Tatsachen der Physik sind entdeckt [...] und daher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie jemand durch neue Entdeckungen ergänzt, äußerst gering.“ (im Jahre 1903!)

### Marie Curie:

„Ich gehöre zu denen, die die besondere Schönheit des wissenschaftlichen Forschens erfasst haben. Ein Gelehrter in einem Laboratorium ist nicht nur ein Techniker, er steht auch vor den Naturvorgängen wie ein Kind vor einer Märchenwelt.“

### Max Planck:

„Eine neue wissenschaftliche Wahrheit pflegt sich nicht in der Weise durchzusetzen, dass ihre Gegner überzeugt werden und sich als belehrt erklären, sondern vielmehr dadurch, dass ihre Gegner allmählich aussterben und dass die heranwachsende Generation von vornherein mit der Wahrheit vertraut gemacht ist.“

### Albert Einstein

- 1) „Jedenfalls bin ich überzeugt, dass der Alte [Gott] nicht würfelt.“
- 2) „Das unverständlichste an unserem Universum ist, dass man es verstehen kann.“
- 3) „Wenn ihr den Rundfunk höret, so denkt auch daran, wie die Menschen in den Besitz dieses wunderbaren Werkzeuges der Mitteilung gekommen sind. Der Urquell aller technischen Errungenschaften ist die göttliche Neugier und der Spieltrieb des bastelnden und grübelnden Forschers und nicht minder die konstruktive Phantasie des technischen Erfinders.“
- 4) „Zwei Dinge sind unendlich: Das Universum und die menschliche Dummheit. Aber beim Universum bin ich mir nicht ganz sicher.“

Jules Henri Poincaré:

„The scientist does not study nature because it is useful; he studies it because he delights in it, and he delights in it because it is beautiful. If nature were not beautiful it would not be worth knowing, and life would not be worth living.“

Max Born:

„Die Quanten sind doch eine hoffnungslose Schweinerei!“

Richard Feynman:

1) „Es gab eine Zeit, als Zeitungen sagten, nur zwölf Menschen verstanden die Relativitätstheorie. Ich glaube nicht, dass es jemals eine solche Zeit gab. Auf der anderen Seite denke ich, es ist sicher zu sagen, niemand versteht Quantenmechanik.“

2) „A poet once said "The whole universe is in a glass of wine." We will probably never know in what sense he meant that, for poets do not write to be understood. But it is true that if we look at a glass closely enough we see the entire universe. There are the things of physics: the twisting liquid which evaporates depending on the wind and weather, the reflections in the glass, and our imaginations adds the atoms. The glass is a distillation of the Earth's rocks, and in its composition we see the secret of the universe's age, and the evolution of the stars. What strange array of chemicals is there in the wine? How did they come to be? There are the ferments, the enzymes, the substrates, and the products. There in wine is found the great generalization: all life is fermentation. Nobody can discover the chemistry of wine without discovering, as did Louis Pasteur, the cause of much disease. How vivid is the claret, pressing its existence into the consciousness that watches it! If our small minds, for some convenience, divide this glass of wine, this universe, into parts — physics, biology, geology, astronomy, psychology, and so on — remember that Nature does not know it! So let us put it all back together, not forgetting ultimately what it is for. Let it give us one more final pleasure: drink it and forget it all!“

3) „Poets say science takes away from the beauty of the stars — mere globs of gas atoms. Nothing is "mere". I too can see the stars on a desert night, and feel them. But do I see less or more? The vastness of the heavens stretches my imagination — stuck on this carousel my little eye can catch one-million-year-old light. A vast pattern — of which I am a part... What is the pattern or the meaning or the *why*? It does not do harm to the mystery to know a little more about it. For far more marvelous is the truth than any artists of the past imagined it. Why do the poets of the present not speak of it? What men are poets who can speak of Jupiter if he were a man, but if he is an immense spinning sphere of methane and ammonia must be silent?“

4) „There are very beautiful and elegant ways of getting these things these days; but suppose you were inventing it, what would you do to find [it]? You fiddle around. All the elegant stuff is found later; the way to learn is not to learn elegant things, it's to fiddle around blind and stupid. Later you see how it works; polish it up; remove the scaffolding and publish the result for other students to be amazed at your ingenuity.“

5) „Physics is like sex. Sure, it may give us some practical results but that's not why we do it.“

Steven Weinberg:

„Das Bemühen, das Universum zu verstehen, ist eines der ganz wenigen Dinge, die das menschliche Leben ein wenig über die Stufe einer Farce erheben, und gibt ihm etwas von der Anmut der Tragödie.“

Harald Lesch:

„Wir können das Universum nicht erklären, sondern nur beschreiben; und wir wissen nicht, ob unsere Theorien wahr sind, wir wissen nur, dass sie nicht falsch sind.“

“Das Leben des theoretischen Naturforschers ist schwer, denn die Natur, oder genauer, das Experiment, ist ein unerbittlicher und strenger Richter seiner Arbeit. Sie sagt niemals ‘Ja’ zu einer Theorie, sondern bestenfalls ‘Vielleicht’ und in den meisten Fällen einfach ‘Nein’. Wenn ein Experiment mit der Theorie übereinstimmt, heißt es ‘Vielleicht’, wenn nicht, dann heißt es ‘Nein’.”

Albert Einstein