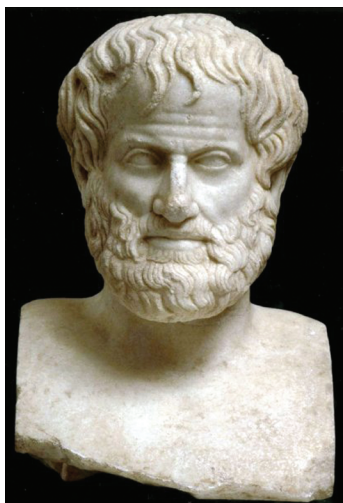


VÝZNAMNÉ OSOBNOSTI HISTORIE MOLEKULOVÉ FYZIKY A TERMIKY

H1	Aristoteles ze Stageiry	2
H2	Avogadro Amedeo	4
H3	Bernoulli Daniel	6
H4	Boyle Robert	8
H5	Celsius Anders	10
H6	Clapeyron Benoit Paul Émile	12
H7	Clausius Rudolf Julius Emanuel	14
H8	Dalton John	16
H9	Demokritos z Abdér	18
H10	Fahrenheit Gabriel Daniel	20
H11	Gay-Lussac Joseph Louis	22
H12	Hooke Robert	24
H13	Charles Jacques Alexandre César	26
H14	Joule James Prescott	28
H15	Thomson William (lord Kelvin of Largs)	31
H16	van der Waals Johannes Diderik	34
H17	Watt James	36

ARISTOTELES ze Stageiry

384–322 př. n. l.



„Ve všech věcech přírody existuje cosi nádherného.“

Řecký filozof, jeden z nejvýznamnějších myslitelů v dějinách, největší polyhistor starověku. Ovlivnil evropské myšlení na více než dvě tisíciletí. Patřil mezi nejslavnější žáky v Platonově Akademii, ale se svým mistrem se nakonec názorově rozešel.

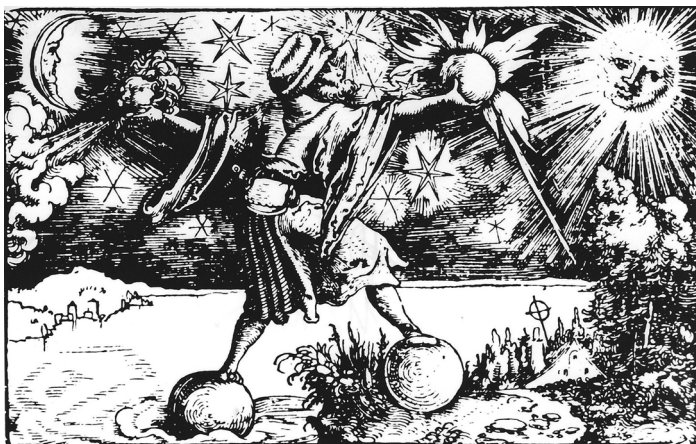
Aristotelovo dílo je velmi obsáhlé, jedno z největších, jaké kdy jednotlivec vytvořil. Týká se všech přírodních, společenských a filozofických oborů. Významný je přínos v logice jako způsobu vědeckého uvažování.

Neživé přírodě, tedy v podstatě fyzice, jsou věnovány jeho spisy *Fysika* (v latinském překladu byl používán na univerzitách až do poloviny 18. stol.), *O nebi*, *O vzniku a zániku* a *Meteorologika*. Spisy pojednávají o vlastnostech pohybu těles, uspořádání planet, rozlišování živlů a nebeských sfér, o podstatě těles, jejich tíze, lehkosti a dalších vlastnostech, o šíření světla a zvuku v atmosféře, o vlastnostech duhy, bouře a blesku a o dalších atmosférických úkazech. Název meteorologie tak přímo pochází od Aristotela. Prováděl pozorování a experimenty.

Polemizoval s názory atomistů z období řecké a římské kultury (LEUKIPPOS, DEMOKRITOS, EPIKUROSOV, LUCRETIUS), kteří spekulativně vysvětlovali vlastnosti látek a některé jevy tvarem, uspořádáním a pohybem jednodu-

chých a dále nedělitelných částecek – atomů. Aristoteles věřil, že každá látka je tvořena výhradně z pěti základních pralátek. Na obrázku je zobrazena rytina, na které lidská postava stojí na dvou glóbech představujících pralátku zemi (studená a vlhká) a vodu (vlhká a studená). V ruku drží další dvě pralátky – vzduch (teplý a vlhký) a oheň (suchý a teplý). Slunce, Měsíc a hvězdy představují pátou pralátku *aither* (čti éter) vyplňující nebeský prostor, aniž by se vměšovaly do pozemských procesů. Aristoteles předpokládal, že podobné prvky se mohou spojovat, ale zcela protikladné prvky se nemohou ani spojovat. Učení Aristotela o pralátkách bylo tak přesvědčivé, že jeho teorie byla přijímána přes 2000 let. K vyvrácení přispěli fyzik R. BOYLE (1661) a chemik A. LAVOISIER (1781).

V podstatě můžeme Aristotela považovat za prvního skutečného fyzika, byť převážně spekulativního. Není jeho vinou, že jeho učení bylo ve středověku přijímáno jako dogma, bez kritického ověřování, a tím zbrzdilo vědecký pokrok a začalo u vědců nakonec vyvolávat odpor. Postupné „překonávání Aristotela“, ověřování a vyvrácení jeho tvrzení, uvolnilo cestu vědeckému poznání ve fyzice.



Amedeo AVOGADRO

1776–1856



„V různých plynech o stejných objemech, tlaku a teplotě je též počet molekul.“

Amedeo Avogadro (celým jménem Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro, hrabě z Quarena a Cerreta), italský fyzik a chemik, se narodil v Turíně v bohaté právnícké rodině. Sám také vystudoval práva, ale stále více ho lákaly přírodní vědy. Stal se učitelem matematiky a fyziky na lyceu ve Vercelli, později profesorem matematické fyziky na univerzitě v Turíně. Jeho práce byly zaměřeny na zkoumání elektrických vlastností látek, později na teplotní roztažnost látek a na měrné tepelné kapacity.

Byl aktivní i politicky, zapojil se do přípravy revoluce v Sardinském království, což způsobilo, že pak na univerzitě nesměl 10 let učit. Po změně politické situace se na univerzitu vrátil, zastával i četné oficiální úřady ve školství.

Hlavní vědecké poznatky Avogadra se týkají molekulové fyziky. Ještě za svého působení ve Vercelli uveřejnil v roce 1811 ve francouzském časopise *Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts* článek *Pojednání o určení relativní hmotnosti elementárních molekul a poměrů, podle nichž se navzájem slučují*. V návaznosti na práce DALTONA a GAY-LUSSACA formuloval svoji hypotézu (po něm později nazvanou Avogadrův zákon): *V různých plynech o stejných objemech, tlaku a teplotě je též počet molekul*. Domníval se také, že molekuly plynu, např. chloru, kyslíku nebo vodíku, se mohou skládat i z více atomů. Avogadro ale termín „atom“ nepoužíval, užíval názvu

molekula a elementární molekula. Hypotéza o uvedené vlastnosti plynu za stejných podmínek ale nevzbudila zvláštní pozornost mezi přírodovědci, navíc při ověřovacích pokusech se ukázaly nesrovnalosti způsobené disociací části molekul za určitých podmínek.

Nejdůležitějším Avogadrovým dílem z hlediska molekulové fyziky je čtyřsvazkové dílo *Fisica dei corpi ponderabili* (Fyzika hmotných těles – traktát o obecné stavbě těles), publikované v letech 1837–1841.

Na prvním mezinárodním chemickém kongresu v Karlsruhe roku 1860 ale oživil zájem o Avogadrův zákon italský chemik CANNIZZARO. Přesně rozlišil pojmy molekula a atom a ukázal, jak můžeme pomocí tohoto zákona určovat relativní hmotnosti atomů a molekul. To byl vlastně klíč na cestě k mikrosvětlu.

Po Avogadrovi je nazvána jedna ze základních fyzikálních konstant – Avogadrova konstanta. Její číselná hodnota přibližně $6,02 \cdot 10^{23}$ je rovna počtu částic v tělese o látkovém množství 1 mol. Hodnotu této konstanty poprvé vypočetl J. LOSCHMIDT v roce 1865. Pojmenování Avogadro dostal také asteroid 12294.

Daniel BERNOULLI

1700–1782



„Neexistuje žádná filozofie, která by nebyla založena na poznání jevů. Abychom však z tohoto poznání měli užitek, musíme znát matematiku.“

Švýcarský fyzik a matematik, který pocházel z významné rodiny matematiků. Narodil se v holandském Groningenu, mládí prožil v Basileji, kde roku 1721 ukončil studium medicíny. Roku 1725 dostal pozvání do Ruska, kde působil do roku 1733 v Petrohradské akademii věd. Zde také proslul jako vynikající lékař. Z Ruska odešel přednášet matematiku, botaniku, experimentální fyziku a anatomii na univerzitu v Basileji.

Zasazoval se o rozšíření newtonovské mechaniky v Evropě a sám vyřešil řadu základních fyzikálních problémů, například otázku chvění strun, tyčí a vzduchu v píšťalách. Při svých pokusech dospěl ke Coulombovu zákonu elektrostatiky. Navrhl také podkovovitý tvar magnetu. Zastával Newtonovu teorii gravitace a jako první učenec navrhl model vzniku sluneční soustavy.

V roce 1738 vyšlo ve Štrasburku jeho nejvýznamnější dílo *Hydrodynamika aneb komentáře o silách a pohybu v tekutinách* (*Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum commentarii*). V díle jsou shrnuty výsledky jeho experimentálního i teoretického studia kapalin včetně slavné Bernoulliovy rovnice vyjadřující zákon zachování mechanické energie při proudění ideální kapaliny.

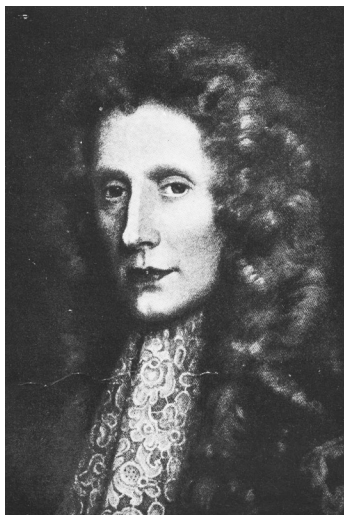
V dodatku ke knize se věnoval i plynům. Předpokládal, že plyn je soubor neuspořádaně se pohybujících částic, a vytvořil vůbec první kinetickou teorii plynů. Byl první, který přišel s myšlenkou, že teplo je projev pohybu

malých částic hmoty. Předpokládal, že částice vykonávají přímočaré pohyby. Tlak plynu na píst ve válci považoval za výsledek obrovského počtu nárazů rychle se pohybujících částic. Vycházejí z hypotézy částicové struktury látek, jako první dal teoretické objasnění Boyleho-Mariotteova zákona. Uvažoval také vzrůst tlaku při zvyšování teploty; usoudil, že se přitom zvětšuje jak počet nárazů, tak i rychlosti částic. Dospěl k závěru, že tlak plynu musí být úměrný druhé mocnině rychlostí částic. Pro popis pohybu částic použil teorii pravděpodobnosti. Vůbec poprvé v dějinách vědy se mu tak podařilo odvodit z úvah o mikroskopické struktuře plynů makroskopické rovnice popisující chování plynů při změnách tlaku a teploty. Touto kinetickou teorií plynů dalece předstihl svou dobu, ale nenašel v celé Evropě odezvu. Příčinou byl odpor většiny evropských vědců k částicové atomistické koncepci hmoty. Bernoulliho kinetická teorie plynů musela čekat na své znovuobjevení dalších 100 let.

Byl čestným členem několika vědeckých společností v Evropě. Za své práce obdržel mimo jiné i deset cen francouzské Akademie.

Robert BOYLE

1627–1691



„Věda by mohla a měla přinést materiální výhody pro lidstvo.“

Anglický fyzik, chemik a vynálezce, který se narodil v Lismore, jižním Irsku. Dostalo se mu prvotřídního vzdělání v Anglii na škole v Etonu a pak na řadě evropských univerzit. Boyle tak ovládl řadu jazyků. Po návratu domů žil po nějaký čas v Oxfordu, od roku 1668 v Londýně. Spolupracoval se skupinou učenců, která připravovala založení londýnské Královské společnosti, stal se jedním z jejích prvních členů, ale nabízenou hodnost prezidenta z náboženských důvodů odmítl.

Seznámil se s experimenty prováděnými se vzdušnou pumpou – vývěvou, kterou zkonstruoval zakladatel experimentální fyziky v Německu OTTO VON GUERICKE, a rozhodl se je zopakovat a rozšířit. Ke spolupráci angažoval svého asistenta R. HOOKEA, který zdokonalil vývěvu (viz obrázek) a vytvořil aparaturu, s níž Boyle mnoho let experimentoval. Výsledkem těchto experimentů bylo kromě ověření v té době známých vlastností vakua také získání velkého počtu hodnot z měření objemu vzduchu v závislosti na jeho tlaku při konstantní teplotě. Z těchto měření Boyleův žák R. TOWNLEY vyslovil hypotézu, dnes známou jako Boyleův-Mariotteův zákon. Boyle tuto hypotézu přijal, v roce 1660 ji publikoval ve spise *Nové fyzikálně-mechanické experi-*

menty týkající se pružnosti vzduchu a potvrdil ji dalšími experimenty. Boyleovi slouží ke cti, že tento zákon nazval Townleyovým zákonem, název se však neujal. Nezávisle na Boyleovi našel vztah mezi objemem a tlakem plynu při konstantní teplotě francouzský fyzik E. MARIOTTE, ale uveřejnil ho až v roce 1676.

Boyle vysvětloval pružnost vzduchu vlastnostmi částic, z nichž se skládá vzduch, a pružných sil, kterými tyto částice mezi sebou působí. Aristotelovo učení o čtyřech živlech odmítal a nahradil ho představou o existenci velkého počtu základních, chemicky nedělitelných prvků. Boyle také zjistil, že voda se vypařuje za každé teploty. Ukázal rovněž, že teplá voda může přijít do varu při nižší teplotě než 100°C , dojde-li ke zředění okolního vzduchu. Spolu s R. HOOKEEM a CH. HUYGENSEM navrhl základní body pro tvorbu teplotoměrné stupnice – teplotu tání ledu a teplotu varu vody.



Boyleovo fyzikální zkoumání bylo zaměřeno také na elektrické a světelné jevy, akustiku, hydrostatiku a na teplo. Teplo chápal jako výsledek pohybu molekul.

Velké zásluhy má Boyle i v chemii. V r. 1661 zformuloval pojem chemického elementu (prvek, směs, sloučenina) a zavedl do chemie experimentální metody. Tím položil základy moderní analytické chemie. Je často nazýván otcem moderní chemie.

Anders CELSIUS

1701–1744



*Když se mu dostala do ruky Newtonova kniha *Matematické principy přírodní filozofie*, která je považována za nejdůležitější práci v celé historii moderní vědy, směřoval svůj vědní zájem především na astronomii, fyziku a geofyziku.*

Švédský astronom, fyzik a geofyzik. Narodil se ve Švédsku, v Uppsale. Po úspěšném absolvování univerzitního studia byl brzy, v devětatdacetiletém věku, jmenován profesorem astronomie na uppsalské univerzitě. V roce 1732 byl vyslán na studijní cestu do Německa, Francie a Itálie, kde se měl seznámit s prostředím tamějších hvězdáren. V letech 1736 až 1737 se zúčastnil známé laponské expedice vedené francouzským astronomem MAUPERTUISEM do Tornia. Expedice postupným měřením délky 1 stupně zeměpisné šířky dokázala Newtonovu hypotézu o zploštění Země na pólech. Své poznatky z výpravy uveřejnil ve spisu nazvaném *O pozorováních k určení tvaru Země*.

Svojí účastí na expedici se stal velmi známým, což mu umožnilo v roce 1741 založit Celsiusovu laboratoř a vybavit ji nejmodernějšími přístroji v té době, které získal po svých cestách Evropou. Byl jedním ze zakládajících členů švédské Královské akademie. Rovněž se stal členem londýnské Královské společnosti i Akademie věd v Berlíně.

Studoval polární záře. Jako první si všiml jejich souvislosti s poruchami magnetického pole Země. A také jako první změřil s velkou přesností jasnost více než 300 hvězd.

Celsius byl první, který provedl a publikoval své pečlivě prováděné experimenty zaměřené na určování teplotní stupnice z vědeckého hlediska. V roce

1742 uveřejnil své nejproslulejší dílo, spis o měření teploty *Pozorování o dvou stálých stupních na jednom teploměru*. Doporučil k užívání svou teplotní rtuťovou stupnici se dvěma základními body. Teplotě tání ledu přisoudil hodnotu 100 a teplotě varu vody hodnotu 0. Teplotní interval mezi těmito dvěma hodnotami rozdělil na 100 stejných dílků („100 kroků“). Kdo teplotní stupnici obrátil do dnešní podoby, není zcela zřejmé. Literární prameny se rozcházejí. Nejčastěji jsou uváděna dvě jména: slavný švédský botanik a Celsiův přítel CARL VON LINNÉ (návrh rok po smrti Celsia) a Celsiův žák, švédský vědec M. STRÖMER (návrh v roce 1750). V literatuře se ale také uvádí, že převrácení Celsiovy teplotní stupnice navrhl francouzský fyzik J. CHRISTIN v roce 1743. Nicméně názvy *Celsiova teplotní stupnice* a teplotní interval jednoho *Celsiova stupně* zůstaly zachovány a používají se i dnes včetně názvu *měření Celsiovy teploty v Celsiově teplotní stupnici*.

Celsius pro fyziku a astronomii udělal mnohé a byl by jistě ve své čínorodé práci pokračoval nebýt těžké nemoci, která předčasně ukončila jeho život.

Benoit Paul Émile CLAPEYRON

1799–1864



*U všeho, čeho se chopil,
svou samostatností a původností
dosahoval skvělých výsledků.*

Clapeyron byl vynikající francouzský inženýr, konstruktér, a také fyzik – jeden ze zakladatelů teorie termodynamiky. Absolvoval École polytechnique a École des mines. V roce 1818 získal zaměstnání jako důlní inženýr. Po dvou letech odešel za svým přítelem Gabrielem Lamé pracovat do Petrohradu. Uplatnil se zde jako vedoucí důlních prací a později jako učitel na petrohradské škole veřejných prací. Během desetiletého pobytu v Rusku publikoval v ruských i francouzských odborných časopisech společně s Lamé práce z oboru inženýrství (např. statika spojitých nosníků) a matematiky. Po návratu do Paříže se převážně zabýval řešením problémů inženýrského rozvoje železniční dopravy mezi jihem a severem Francie i stavbami mostů (postavil dva mosty přes Seinu a Garonnu) a průplavů. Byl pověřen konstrukcí lokomotivy pro stoupání převyšující 1 : 200, protože Angličan G. STEPHENSON odmítl dodat Francii lokomotivy k tomuto účelu.

Práce na nové lokomotivě a studium knihy od francouzského inženýra S. CARNOTA o parních strojích ho inspirovaly v roce 1834 k vydání monografie *Mémoire sur la puissance motrice de la chaleur* (*Pojednání o hybných silách tepla*) věnované problematice mechanické teorie tepla. Carnotovy

výsledky uvedl v širší známost a dal jim také elegantnější matematickou podobu. Sestrojil jako první dodnes používané indikátorové diagramy (p - V diagramy, někdy pojmenovávané na jeho počest jako Clapeyronovy diagramy) popisující názorně Carnotův cyklus.

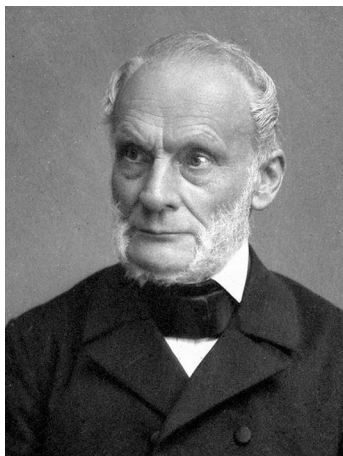
V roce 1834 odvodil z Boyleova-Mariotteova a Gay-Lussacova zákona stavovou rovnici pro ideální plyn konstantní hmotnosti v dnešní podobě ve tvaru $pV/T = \text{konst.}$

Clapeyron se také zabýval změnami skupenství látek – táním a vypařováním. Vyvodil vztah vyjadřující vazby mezi změnou teploty a změnou tlaku za podmínek rovnováhy mezi pevnou látkou a její kapalinou a kapalinou a její párou. Další významný zakladatel teorie termodynamiky CLAUSIUS tento vztah ještě rozšířil, zobecnil a je dnes známý pod názvem Clausiova-Clapeyronova rovnice.

Za své práce byl Clapeyron v roce 1858 zvolen členem pařížské L'Académie des sciences. Je jedním ze 72 významných mužů, jejichž jméno je zapsáno na Eiffelově věži v Paříži.

Rudolf Julius Emanuel CLAUSIUS

1822–1888



„Základní skutečností našeho světa je, že entropie v každém systému během času nutně stoupá, zatímco energie postupně degeneruje.“

Narodil se v nynějším Koszalinu nedaleko Štětína, v tehdejší Prusku. Po studiu na gymnáziu ve Štětíně a na univerzitách v Berlíně a Halle se stal profesorem fyziky na královské dělostřelecké a inženýrské škole v Berlíně a docentem berlínské univerzity. V roce 1848 získává Clausius doktorát za disertační práci o odrazu světla v atmosféře (snažil se mj. vysvětlit modrou barvu oblohy a původ barvy červánků). Později přednášel jako profesor fyziku na vyhlášené polytechnice v Curychu (kde jeho žákem byl např. RÖNTGEN) a na univerzitách ve Würzburgu a v Bonnu. V roce 1870 zasáhla do jeho života prusko-francouzská válka, dobrovolně se přihlásil na frontu, kde působil v sanitárním sboru. Obdržel Železný kříž, ale utrpěl v boji zranění nohy.

Clausius ve své době patřil k nejlepším německým teoretickým fyzikům. Je považován za zakladatele termodynamiky. V roce 1850 přednesl před Berlínskou akademií věd přednášku s názvem *O hybné síle tepla a zákonech nauky o teple, které lze odtud odvodit*. Na základě Carnotových prací a experimentů Jouleových vyvrátil tzv. teorii „kalorika“ (tepelného fluida) – teorii o látkové povaze tepla. Vysvětlil podstatu skupenských tepel a přeformuloval 1. a 2. termodynamický zákon (a zřetelně je od sebe oddělil). Druhý zákon termodynamiky vyslovil v r. 1850 s odvoláním na Carnotův cyklus a použil také

Carnotovu formulaci upravenou v tom smyslu, že „teplo nemůže samovolně přecházet z chladnějšího tělesa na teplejší bez kompenzace“.

Od své první práce v roce 1850 promýšlel matematickou formulaci druhého termodynamického zákona dalších 15 let a v roce 1865 uveřejnil v *Annalen der Physik* zásadní článek *O různých formách hlavních rovnic mechanické teorie tepla vhodných pro aplikaci* (Über verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie). V této práci poprvé zavedl pojem entropie (odvozením z řeckého *éntropo = přeměňuji se*). A to jako veličinu charakterizující, podobně jako vnitřní energie, stav soustavy a udávající schopnost jejích tepelných přeměn. Zavedl také dnes již nepoužívanou jednotku entropie *Clausius* (Cl) definovanou jako kalorie na stupeň Celsia (v dnešních jednotkách jako 4 186 J/K).

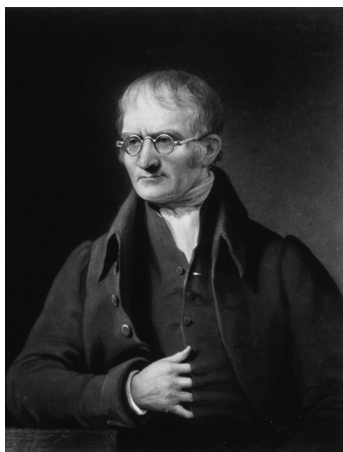
Clausius také významně přispěl ke kinetické teorii plynů tím, že do celkové kinetické energie molekul zahrnul vedle energie posuvného pohybu i energii rotačního a kmitavého pohybu, a zavedl pojem volné dráhy částic. Vypočítal rychlost molekul plynu a později i tlak plynu na stěny nádoby jako střední hodnotu. Tyto výsledky se staly inspirací pro Maxwellovu práci o statistickém rozdělení počtu molekul plynu podle jejich rychlostí. Navázal také na práce Clapeyrona a odvodil obecnější rovnici charakterizující skupenské změny mezi dvěma stavy látek v pevném a kapalném skupenství. Rovnice je dnes známá pod názvem Clausiova-Clapeyronova rovnice.

Clausius se také zabýval elektrolýzou, dal podnět k vytvoření teorie elektrolytické disociace. Rozvinul termodynamickou teorii termoelektřiny a rozpracoval teorii polarizace dielektrik.

Byl členem řady akademií věd a vědeckých společností, od Královské společnosti v Londýně získal její nejvyšší ocenění – Copleyovu medaili.

John DALTON

1766–1844



Celkový tlak směsi ideálních plynů je součtem dílčích tlaků (parciálních tlaků) plynů, z nichž se směs skládá.

Anglický chemik a fyzik, který se narodil v chudé tkalcovské rodině náležející ke kvakerské komunitě v Cumberlandu v Anglii. Svě rozsáhlé vědomosti získal jako samouk. Živil se celý svůj život jako učitel na kvakerských školách. Vyučoval ve svém rodišti, pak v Kendalu a nakonec v Manchesteru, kde strávil větší část svého života. Stal se prezidentem Literární a filozofické společnosti v Manchesteru a pak i členem Královské společnosti v Londýně a Edinburghu. Byl jedním z osmi zahraničních členů francouzské akademie věd. Stal se také zahraničním členem americké akademie umění a věd.

Vedle učitelství se věnoval systematicky meteorologii, konstruoval teploměry, barometry a vlhkoměry. Po dobu 57 let vedl denně záznamy o stavu zemské atmosféry, jejich celkový počet přesahuje 200 000 pozorování. V knize o meteorologii Dalton publikoval hypotézu, že polární záře vzniká vlivem magnetismu.

Dlouholetá pozorování zemské atmosféry jej přivedla ke zkoumání vlastností směsí plynů a k výzkumům teplotní rozpínivosti plynů. S předstihem objevil Charlesův zákon pro izochorický děj. Zkoumal také v barometrické trubici závislost tlaku a objemu vodní páry na teplotě. Vyslovil rovněž názor, že všechny plyny se dají při nízkých teplotách zkapalnit.

V roce 1794 jako první vědecky vysvětlil podstatu barvosleposti. On sám jednou vzácnější formou barvosleposti trpěl. Na jeho počest byla barvoslepost pojmenována jako daltonismus.

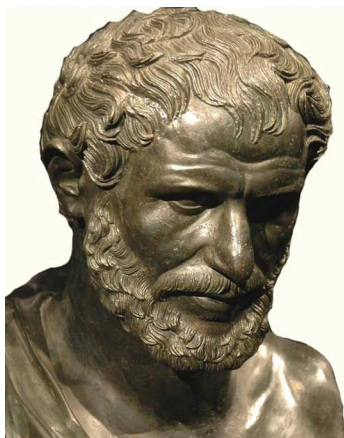
Objevil zákon o parciálních tlacích ve směsi plynů a par (1801). Vědeckým základem tohoto zákona se stala jeho atomová teorie hmoty podložená experimenty. Podle Daltonovy atomové teorie publikované v díle *A New System of Chemical Philosophy* (1808) jsou prvky složeny z velmi malých částic – atomů. Atomy daného prvku jsou stejné co do velikosti, hmotnosti a dalších vlastností, atomy různých prvků se liší ve velikosti, hmotnosti a dalších vlastnostech. Atomy jsou nedělitelné a nezničitelné. Chemické sloučeniny jsou tvořeny kombinací dvou a více různých druhů atomů v jednoduchých celých číselných poměrech. Chemická reakce je nové uspořádání atomů.

Dalton také zavedl pojem relativní atomové hmotnosti tehdy známých prvků, jejich hmotnosti vztahoval k vodíku. Sestavil z 20 prvků tabulku a uvedl pravidla, podle nichž se tyto prvky vážou do složitějších sloučenin. Vytvořil tak základ pro moderní periodickou tabulku prvků.

V některých případech znalost celých číselných poměrů ale byla nedostačující k určení skutečného počtu atomů v každé sloučenině. Dalton se např. domníval, že pokud se dva prvky slučují jen v jednom hmotnostním poměru, musí to být poměr jedna ku jedné. To znamená, že např. voda musí mít složení HO. I přes nesouhlasné názory některých tehdejších chemiků bylo Daltonovo dílo vysoce oceňováno a jeho zásluhy o atomismus jsou nesporné. Proces překonávání nedostatků atomové teorie podle Daltona završil v roce 1860 italský chemik CANNIZZARO oživením zájmu o Avogadrův zákon, přesným rozlišením pojmů atom a molekula a využitím Avogadrova zákona k určování relativní hmotnosti atomů a molekul. To umožnilo stanovit chemické složení a strukturu celé řady sloučenin včetně organických.

DEMOKRITOS z Abdér

asi 460–370 př. n. l.



„Vzdělání má hořké kořeny, ale sladké ovoce.“

„Raději bych našel jednu příčinu, než bych se stal perským králem.“

Starověký učenec, nejvzdělanější řecký filozof – materialista, hlavní představitel řeckých starodávných atomistů. Pocházel ze zámožné rodiny žijící v Abděře (severní Řecko), učil se u chaldejských mágů, hodně cestoval. Navštívil Egypt, Babylon, Persii a snad i Indii. Napsal na 70 spisů ze všech oblastí vědy, vychoval mnoho žáků. Jeho mechanistický, ateistický světový názor vyvolával odpor, až nenávisť idealistických filozofů, např. Platona. Pro jeho veselou povahu nazývali Demokrita „usměvavým filozofem“.

Demokritos v duchu prvního řeckého atomisty LEUKIPPA vytvořil mechanický obraz přírody, která trvá věčně, je v prostoru neomezená a není v ní nic jiného než atomy a prázdno. Předpokládal u atomů i různou hmotnost. Atomy považoval za nekonečně tvrdé, a proto se nedaly dělit či rozbít.

Demokritovy atomy jsou v neustálém pohybu, který probíhá podle nutnosti, nic není ponecháno náhodě. Atomy se mohou spojovat a vytvářet struktury. K tomu účelu musí být opatřeny „háčky“. Každá látka je pórovitá, mezi atomy v látce je volný prostor, který dovoluje atomům různě velký pohyb a také stlačitelnost této látky. Podivuhodná byla Demokritova myšlenka, že z týchž atomů různým uspořádáním mohou vznikat různé kvality. Možností jak uspořádat atomy je ovšem nekonečně mnoho. Ale mají také nekonečně mnoho času, takže může docházet k tomu, že některé struktury se vytvářejí opakovaně a že v různých částech vesmíru mohou existovat světy podobné našemu světu

(nebo dokonce jsou s ním totožné). Demokritos tedy zcela v dnešním duchu předpokládal, že náš svět, naše Země, není ničím ojedinělým, že existuje mnoho světů jiných, z nichž některé mají své oběžnice. O Mléčné dráze se domníval, že je složena z mnoha malých, hustě uspořádaných hvězd. Šlo však o pouhé spekulace, pro tyto názory nebyly tehdy žádné vědecké důkazy.

Demokritos se zabýval i mnoha dalšími obory a tématy včetně botaniky a zoologie, ale také problémy vidění (ze svítících předmětů se odlupují tenké slupky, které putují vzduchem, přenášejí tvar a barvu předmětů a dopadají do lidského oka), vnímáním a poznáváním (děлил ho na světlé = rozumové a tmavé = smyslové), podstatou lidské duše, otázkami života a smrti, lékařstvím, zemědělstvím, stavitelstvím, jazykovědou, politikou, výchovou a morálkou lidí. Podle zachovaného seznamu spisů patřil k nejpłodnějším a nejvšestrannějším autorům antického Řecka. Demokritovi se připisují spisy *Malý vesmír*, *Velký vesmír*, *O radosti*, *O ideách*, *O rozumu*, *Rady* a jiné. Spisy se však zachovaly jen ve zlomech.

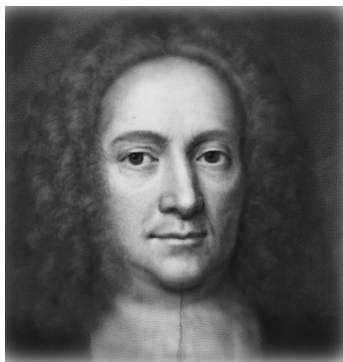
Demokritos se pokoušel vyložit podstatu magnetismu. A to tak, že magnet a železo se skládají z podobných atomů, a proto se přitahují. Nedokázal však objasnit elektrické přitahování. O zvuku říkal, že zvuk je těleso. Vniká do nás a vtéká, jde o proces pomalejší než vidění. Proto také, podle Demokritova pojetí, rychleji vidíme než slyšíme. Důkazem toho může být blesk a opožděný hrom. Za základní považoval čtyři barvy: bílou, černou, červenou a žlutozele-nou.

V matematice Demokritos našel např. způsob výpočtu objemu kužele a jehlanu, ale nepodal jeho důkaz. Vzorec pro objem kužele potvrdil a přesně dokázal až ARCHIMEDES.

Demokritos, jehož pokračovatelem byl filozof EPIKUIROS, byl největším řeckým vzdělavcem a polyhistorem před ARISTOTELEM.

Gabriel Daniel FAHRENHEIT

1686–1736



Jako 28letý šokoval svět tím, že použil dva teploměry a oběma naměřil stejnou hodnotu. To se nikomu do té doby nepodařilo.

Fyzik a vynálezce. Pocházel z německé rodiny usazené v Gdaňsku, který byl provincií tehdejšího Pruska. Po základní škole měl nastoupit na gymnázium v Gdaňsku, ale oba jeho rodiče tragicky zemřeli, a proto z jeho plánů sešlo. Jako nejstarší ze sirotek musel převzít živnost svého otce a starat se o své sourozence. Proto v roce 1701 odešel do Amsterdamu učit se kupcem. Přírodní vědy byly pro něho větším lákadlem, a tak se po pěti letech kupeckého učení věnoval jen fyzice. Hodně cestoval po Evropě, kde se setkával s vědci a s výrobci přístrojů. Sám různé fyzikální přístroje zhotovoval, především hustoměry, barometry, areometry a teploměry. Nakonec se v roce 1717 usadil v Amsterdamu, kde také přednášel chemii. Zde setrval do konce svého života.

Stal se členem Královské akademie věd v Londýně. Těsně předtím, než zemřel, požádal o patentování stroje čerpajícího vodu z promáčených pozemků v Nizozemsku, které jsou zaplavovány mořem.

Když začal sestavovat své první teploměry, používal do nich jako náplň alkohol (líh). Později zjistil, že lepších výsledků při měření teploty se dosahuje použitím rtuti (rtuť má menší součinitel teplotní objemové roztažnosti než líh). A tak v roce 1714 Fahrenheit sestrojil svůj největší vynález – jako první zkonstruoval rtuťový teploměr. Teploměr byl opravdu přesnější než doposud používané lihové teploměry a mohl se používat pro větší teplotní rozsahy, než to bylo možné s lihovými teploměry.

Fahrenheit se snažil pro vynalezený rtuťový teploměr najít na základě pozorování a měření vhodnou teplotní stupnici. Její počátek (0) stanovil jako

teplotu mrazicí směsi ledu, vody a salmiaku (zřejmě ji považoval za nejnižší laboratorně dosažitelnou teplotu) a jako její horní bod vybral teplotu těla zdravého člověka. Označil ji hodnotou 96. Stupnici mezi referenčními body Fahrenheit rozdělil dvakrát po 12 dílech a každý z nich na 4 dílky – stupně (tím se někdy vysvětluje záhadně zvolená hodnota $96 = 2 \times 12 \times 4$). Stupnice se podle autora nazývá Fahrenheitova teplotní stupnice s jednotkou jeden Fahrenheitův stupeň (a značí se $^{\circ}\text{F}$). Podle této stupnice taje led při 32°F a voda za normálního tlaku vře při teplotě 212°F .

V literatuře se uvádí, že Fahrenheit nebyl při volbě své stupnice originální a že ji převzal od dánského astronoma O. RÖMERA. Fahrenheitova teplotní stupnice se používá dodnes v mnoha zemích, hlavně v USA, ale také třeba na Jamajce.

Metodu výroby teploměřů uveřejnil Fahrenheit v časopise Royal Society – *Philosophical Transactions* v roce 1724. Významná také byla Fahrenheitem objevená nová metoda čištění rtuti.

S rtuťovým teploměrem prováděl Fahrenheit mnoho pečlivých měření. Rtuťový teploměr mu umožňoval velmi přesné a reprodukovatelné měření teploty. Zaměřil se hlavně na teplotu varu vody a na zamrzání vody. Zjistil, že teplota varu vody závisí na atmosférickém tlaku, a že voda může být přechlazena (tzn. že může mít teplotu nižší, než je teplota tuhnutí, a přesto zůstane kapalinou). Zkoumal také závislost teploty varu kapalin na množství v ní rozpuštěných solí.

Joseph Louis GAY-LUSSAC

1778–1850



„Geniální fyzik a vynikající chemik.“

Francouzský fyzik D. Arago

Francouzský fyzik a chemik, výborný experimentátor i teoretik. Narodil se v Saint Leonard de Noblat, v dnešním departementu Haute-Vienne. Školní vzdělání získával zprvu doma, pak byl poslán na studia do Paříže, kde se připravoval ke studiu na Polytechnice, na niž byl přijat koncem roku 1797. O tři roky později Gay-Lussac přešel na École Nationale des Ponts et Chaussées, kde získal vynikající vzdělání, a krátce poté zde byl ustanoven asistentem chemika C. L. BERTHOLLETA.

Roku 1802 se stal na Polytechnice demonstrátorem knížete ANTOINA FRANÇOISE FOURCROYE a roku 1809 byl ustanoven profesorem chemie. V letech 1808 až 1832 působil jako profesor fyziky na Sorbonně. Tohoto místa se pak vzdal, aby se stal profesorem chemie v Národním přírodovědném muzeu. Napsal 150 publikací, vykonal řadu vědeckých cest. V roce 1829 byl zvolen členem Petrohradské akademie věd. Byl také členem švédské Královské společnosti věd.

Gay-Lussac se zabýval vlastnostmi tehdy dostupných plynů (kyslík, dusík, vodík, oxid uhličitý). Zkoumal především jejich teplotní roztažnost a rozpínavost. V r. 1802 (nezávisle na anglickém učenci J. DALTONOVI) na základě pečlivě naměřených sobě odpovídajících hodnot teploty a objemu plynu objevil zákon (dnes nazývaný zákon Gay-Lussacův), že při izobarickém ději s plynem stálé hmotnosti je objem V plynu lineární funkcí Celsiovy teploty t . Dnes zapsáno v Celsiově teplotní stupnici jako $V = V_1[1 + \alpha_V(t - t_1)]$, kde V_1 je počáteční objem plynu při počáteční teplotě t_1 a α_V součinitel teplotní objemové roztažnosti plynu. Gay-Lussac ale tento svůj objev nezveřejnil. O 15 let později ke stejnému závěru nezávisle dospěl J. CHARLES. Proto se v ně-

kterých publikacích zákon pro izobarický děj nazývá zákon Gay-Lussacův a Charlesův. S použitím termodynamické teploty T zákon zapisujeme ve tvaru $V/T = \text{konst.}$

O součiniteli teplotní objemové roztažnosti plynu Gay-Lussac zjistil, že je pro všechny plyny stejný, a změřil jeho hodnotu $3,744 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (od v současnosti uváděné hodnoty $3,661 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ se nepatrně liší). Podobný poznatek byl zjištěn pro součinitel rozpínavosti plynů. Převrácená hodnota koeficientu vedla W. THOMSONA (lorda Kelvina) k zavedení absolutní teplotní stupnice (později využito pro tvorbu termodynamické teplotní stupnice) a B. E. CLAPEYRONA k formulaci stavové rovnice ideálního plynu ($pV/T = \text{konst.}$). Gay-Lussac z převrácené hodnoty naměřeného koeficientu usuzoval, že musí existovat dolní teplotní mez (vycházela mu hodnota $-267 \text{ } ^\circ\text{C}$).

Gay-Lussac se proslavil také na základě vlastních experimentů objevem zákona (1808) stálých poměrů objemových při slučování plynů. Např. kyslík o objemu 1 litr se beze zbytku sloučí s vodíkem o objemu 2 litry na vodní páru o objemu 2 litry. Ale zákon nedokázal zdůvodnit teoreticky, protože nebyl zastáncem atomové teorie, resp. existence molekul. Byl přívržencem korpuskulární teorie světla.

Roku 1816 zdokonalil přenosný dvouramenný tlakoměr a udal způsob, jak s ním měřit výšku. Upravil ruťový teploměr. Spolu s A. VON HUMBOLDTEM a D. ARAGEM se r. 1822 zúčastnil pokusů zaměřených k určení rychlosti zvuku ve vzduchu. Je spoluobjevitelem prvního elektromagnetu.

Gay-Lussac také patřil k těm odvážným fyzikům, kteří prováděli systematická měření pomocí balonů. Společně s J. B. BIOTEM v roce 1804 vystoupali v horkovzdušném balonu do výšky přes 7 km s cílem zkoumat atmosféru Země (její složení, měření tlaku a teploty, rozdíl teplot a vlhkosti, magnetické pole a další vlastnosti). Zjistili např., že základní složení atmosféry se nemění s rostoucí nadmořskou výškou, nemění se ani magnetické pole. Oba vědci nashromáždili tolik údajů, že se jimi francouzská Académie des Sciences ještě dlouho zabývala.

Obrovský kus práce vykonal Gay-Lussac v oblasti chemie. Je spoluobjevitelem boru a jodu, zjistil složení pěti různých oxidů dusíku (N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5), studoval vlastnosti halogenů, kyselin fosforu a kyanových sloučenin. V chemickém průmyslu působil jako poradce. Je autorem komorového způsobu výroby kyseliny sírové, vypracoval průmyslovou metodu výroby štavelové kyseliny z pilin stromu za pomoci louhů. Přispěl k výrobě střelného prachu, ražení stříbrných mincí, výrobě chemického náčiní (např. vylepšil byretu s postranní trubicí) a k měření obsahu alkoholu v nápojích.

Robert HOOKE

1635–1703



Všestranně nadaný a nadšený pro vědu, které obětoval všechn svůj čas i bezesné noci.

Anglický fyzik, vášnivý a nadšený experimentátor a vynálezce, renesanční člověk. Narodil se v nezámožné rodině pastora ve Freshwateru na ostrově Wight, Anglie. Studoval na univerzitě v Oxfordu, kde se pak stal asistentem R. BOYLEA po dobu 7 let. Později působil jako profesor geometrie na Greshamově koleji a projektoval greenwichskou astronomickou observatoř. Byl také architektem. Stal se členem londýnské Královské společnosti, v níž působil jako její sekretář pět let.

Zastával také funkci tzv. „kurátora experimentů“, jehož úkolem bylo svolávat každý týden zasedání Královské společnosti a zařadit na toto zasedání nový, byť drobný fyzikální objev nebo přístroj. Hooke plnil tuto svou funkci s mimořádnou svědomitostí celých 40 let. Pokud se mu nepodařilo získat pro přednášku nějakého objevitele, musel během týdne objevit něco sám.

Na základě pozorování a vlastního výzkumu objevil v roce 1660 zákon o pružné deformaci pevných těles (dnes po něm nazývaný Hookeův zákon). Objevené zákonitosti využil např. v návrzích na vyvážení pružinek u hodinek, uvažoval o využití setrvačnickového kolečka zvaného nepokoj. Tuto svou myšlenku ale nerozpracoval, teprve Huygensova konstrukce (1675) umožnila široké použití nepokoje.

Mechanické dovednosti, které skvěle ovládal, mu umožnily zdokonalit barometr, teploměr, libelu, zkonstruoval anemometr k měření rychlosti větru.

Společně s R. Boylem vylepšil vzduchovou pumpu (vývěvu) německého fyzika O. VON GUERICKA.

Při pokusech se strunami přišel na to, že ke každému tónu lze přiřadit určitý počet kmitů struny. Experimentoval s rázostrojem. Zabýval se barvami tenkých vrstev, objevil difrakci. K jejímu vysvětlení nabídl použít vlnovou teorii světla (uvádí se, že z principiálního odporu vůči Newtonovi, který byl zastáncem korpuskulární teorie světla). Byl první, který vyslovil názor, že všechna tělesa zvětšují svůj objem při zahřívání, a že vzduch se skládá z částic oddělených od sebe na poměrně velké vzájemné vzdálenosti. Spolu s R. BOYLEM a CH. HUYGENSEM navrhl základní body teplotní stupnice – teplotu tání ledu a teplotu varu vody.

Hooke se zajímal rovněž o astronomii. K pozorování zkonstruoval zrcadlový dalekohled a helioskop určený k pozorování Slunce. Objevil červenou skvrnu na Jupiteru a z jejího pozorování usoudil, že se planeta otáčí. Pozoroval také rotaci Marsu. Jeho detailní náčrtky této planety byly využity v 19. století k zjišťování rychlosti otáčení planet. Publikoval práce o povaze komet.

Přispěl také k formulaci Newtonova gravitačního zákona. Např. tvrdil, že síla, kterou působí Slunce na planetu, klesá nepřímo úměrně s druhou mocninou vzdálenosti mezi nimi, ale nedokázal to experimentálně potvrdit ani vyvodit z Keplerových zákonů. Vztah mezi NEWTONEM a HOOKEEM byl ale velmi chladný. Některá Hookeova prvenství jsou někdy připisována Newtonovi nebo jsou po Newtonovi pojmenována; Hooke si stěžoval, že není citován v díle Newtona.

Hooke se významně podílel na zdokonalení mikroskopu. Vytvořil složený mikroskop s okulárem, imerzním objektivem, dokonalejším osvětlením preparátu světlem z olejové lampy, irisovou clonkou. Vlastní ilustrace takto vylepšeného mikroskopu je na obrázku. Výsledky svých bohatých pozorování mikroskopických objektů zakreslil ve spise *Micrographia* (*Malé kresby*, 1665). Je např. známá jeho ilustrace krystalické struktury sněhové vločky. Hookeovi se přisuzuje zavedení biologického pojmu buňka, ale její skutečnou biologickou funkci neobjevil. Studie mikroskopických zkamenělin jej vedla k tomu, aby se stal jedním z prvních zastánců teorie evoluce. Spis *Micrographia* patří mezi mistrovská díla vědy 17. století.



Jacques Alexandre César CHARLES

1746–1823



Výzkum přírody často vyžaduje velkou dávku osobní odvahy. A tu fyzik J. A. C. Charles, jako průkopník práce s plyny a s vodíkovým balonem, měl.

Francouzský fyzik, matematik, vynálezce a průkopník balonového létání. Narodil se v Beaugency-sur-Loire, Francie. Studoval jako samouk. Stal se úředníkem ministerstva financí v Paříži, ale když byl posléze propuštěn, dal se na cestu vědy, především fyziky, a průkopnického balonového létání. Stal se profesorem fyziky na Conservatoire des Arts et Métiers (Konzervatoř umění a řemesel). Byl členem Pařížské akademie věd od r. 1795 a prezidentem sekce experimentální fyziky.

Charles jako první přišel v r. 1783 s myšlenkou plnění balonu vodíkem, který nedlouho předtím objevil H. CAVENDISH. Využil také poznatků o vztlaku vzduchu a prací R. BOYLEA týkajících se plynů. Společně se zručnými pařížskými řemeslníky bratry Robertovými v srpnu 1783 úspěšně vypustil v blízkosti dnešní Eiffelovy věže bezobslužný balon naplněný nebezpečně hořlavým vodíkem. Balon přistál v blízkosti vesnice Gonesse, což vyvolalo obrovské zděšení u místních rolníků. Údajně prý vidlemi, kosami a noži balon zničili.



V prosinci téhož roku s novým, větším balonem s náplní vodíku a opatřeným potřebnými ovládacími zařízeními již vystoupal se starším z bratrů Rober-

tových do atmosféry (ilustrace z tohoto letu viz obr.). Uletěli 35 km a dosáhli výšky přes 3 000 m. Dalších letů se už pak osobně Charles nezúčastnil. Lety balonem umožňovaly provádět systematická měření vlastností atmosféry v různých nadmořských výškách – tlaku a teploty vzduchu, směru větru. A tím odhalovat nové zákonitosti.

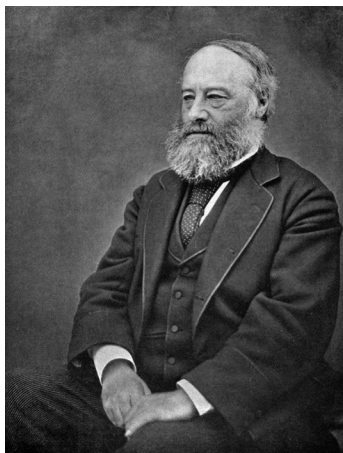
Kolem roku 1787 Charles uskutečnil experiment na teplotní rozpínavost plynů. Objevil zákon (dnes po něm nazývaný zákon Charlesův), že za stejného objemu je tlak p ideálního plynu stálé hmotnosti lineární funkcí Celsiovy teploty t . Tedy v dnešní podobě zapsáno v Celsiově teplotní stupnici jako $p = p_1[1 + \alpha_p(t - t_1)]$, kde p_1 je počáteční tlak plynu při počáteční teplotě t_1 a α_p je součinitel teplotní rozpínavosti plynu. O tomto součiniteli, který charakterizuje relativní přírůstek tlaku při zvýšení teploty o $1\text{ }^\circ\text{C}$ při stálém objemu, bylo zjištěno, že je pro všechny plyny stejný a je roven součiniteli teplotní objemové roztažnosti plynu, který je také pro všechny plyny stejný. Toto zjištění vedlo později k zavedení tzv. absolutní teplotní stupnice, z níž se pak vytvořila termodynamická teplotní stupnice.

Zákon pro uvedený izochorický děj, který s použitím termodynamické teploty T zapisujeme ve tvaru $p/T = \text{konst.}$, objevil Charles nezávisle na GAY-LUSSACOVĚ. V některých učebnicích bývá proto uváděn zákon pro izochorický děj jako zákon Gay-Lussacův. Ale daleko častěji je uváděn jako zákon Charlesův (např. v našich učebnicích fyziky).

Charles vyvinul také několik užitečných vynálezů. Např. upouštěcí ventil pro snadné klesání balonu, proutěný koš pro balon, nový typ hustoměru, odrazový goniometr pro měření úhlů krystalů. Vylepšil Gravesandův heliostat pro sledování slunečního světla a Fahrenheitův areometr. Potvrdil rovněž experimenty B. FRANKLINA s elektřinou.

James Prescott JOULE

1818–1889



„Musíme konat skutky, pokud je den.“

Anglický fyzik. Narodil se v Salfordu u Manchesteru v rodině bohatého majitele pivovaru. Nemocný mladý Joule nechodil do školy a vzdělával se doma. Získal kvalifikaci sládků. V 16 letech odešel studovat matematiku a fyziku do Manchesteru. Jeho učitelem byl mj. J. DALTON, který mu vštěpoval, že musí být naprosto přesný experimentátor. Díky tomuto přístupu se Joule stal velmi zručný v práci s laboratorním zařízením. Studoval i chemii a inženýrské nauky. Po návratu ze studií mu otec v pivovaru vybudoval laboratoř, ve které Joule ve volném čase bádá. Spolu s bratrem pak převzal pivovar, ale později svůj díl pivovaru prodal a věnoval se už jen milovaným fyzikálním pokusům.

Joule uveřejnil celkem 97 vědeckých prací. Byl členem londýnské Královské společnosti. Získal čestný doktorát práv v Dublinu. Zastával po dobu 15 let funkci prezidenta British Association for the Advancement of Science. Byl také členem Francouzské akademie věd.

Joule doufal, že nahradí parní stroje elektrickými motory. Jeho první výzkum se proto soustředil na zlepšení účinnosti elektrických motorů. Již ve dvaceti letech sestrojil elektrický motor, který využíval otáčivého pohybu vodiče s proudem v magnetickém poli. O dva roky později objevil jevy magnetického nasycení (maximální možná magnetizace feromagnetického materiálu) a mag-

netostrikce (např. železná tyč trochu změní svoji délku, když je zmagnetizována).

V roce 1840 Joule zaslal do Královské společnosti v Londýně pojednání *On the Production of Heat by Voltaic Electricity*, ve kterém na základě kalorimetrického měření odvodil vztah pro teplo, které vzniká při průchodu elektrického proudu vodičem. Zjistil, že toto teplo je přímo úměrné odporu vodiče a druhé mocnině proudu. Poznatek je znám jako zákon Jouleův-Lenzův, protože zákon nezávisle potvrdil rozsáhlými experimenty ruský fyzik E. CH. LENZ (svůj objev publikoval později).

V roce 1843 představil Joule své výsledky měření tzv. mechanického ekvivalentu tepla. Tím nazýval hodnotu práce pro vytvoření jednotky tepla, v podstatě vztah mezi tehdy používanou jednotkou kalorie pro teplo a jednotkou pro práci ($1 \text{ cal} = 4 186,8 \text{ J}$). Dnes se pojem mechanický ekvivalent tepla už nepoužívá, protože se teplo vyjadřuje ve stejných jednotkách jako veličiny energie a práce. Podstatné je, že tímto měřením Joule přispěl k formulaci zákona zachování energie pro tepelné děje (první termodynamický zákon).

Nejznámější Jouleův pokus spočíval v tom, že stejně hmotná závaží vedená přes kladku roztáčela lopatky mlýnku rotující ve vodě v tepelně izolované nádobě (viz schematický obrázek). Voda se mechanickým pohybem zahřívala. Vhodnou volbou hmotnosti závaží (v jednom pokusu Joule použil např. závaží o hmotnosti 14 kg) se dalo dosáhnout jejich rovnoměrného pohybu malou rychlostí. Pokus se dal několikrát opakovat. Joule dovedl změřit teplotu vody s velkou přesností. Ze získaných údajů se dala vypočítat hodnota vykonané práce závažími a změna vnitřní energie vody. I tímto způsobem Joule potvrdil (nezávisle na německém učenci J. MAYEROVI) zákon zachování energie a dal podnět ke vzniku termodynamiky.

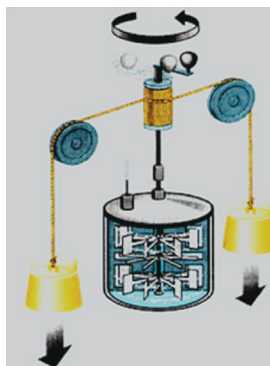
Od roku 1852 začal Joule úzce spolupracovat s anglickým fyzikem W. THOMSONEM (pozdějším lordem Kelvinem). Jouleovi se jakožto Daltonovu žáku podařilo otřást Thomsonovou vírou v tzv. kalorikum* a společně začali rozvíjet kinetickou teorii tepla. Teplo považovali jako důsledek pohybu částic v tělese. Ustanovili termodynamickou teplotní stupnici založenou na

* **Kalorikum** bylo nazýváno (hypotetické) tepelné fluidum skládající se z navzájem se odpuzujících částic, které se vážou na molekuly látek. Fluidum vniká do všech předmětů a vyplňuje prostor mezi molekulami. Molekuly obklopuje „plyn“ kalorika, přičemž jeho hustota roste s jeho teplotou. Oblaky tepelného fluida způsobují odpuzování blízkých molekul. S rostoucí vzdáleností odpudivá síla klesá, v rovnovážném stavu je nulová a s dalším zvětšováním vzdálenosti je záporná, neboť se molekuly přitahují. Při stlačování tělesa je fluidum vytlačováno z tělesa na jeho povrch, což se projeví zvýšením teploty.

poznacích o Carnotově cyklu. Výsledkem vzájemné spolupráce byl i objev Jouleova-Thomsonova jevu. Při něm se reálný plyn (na rozdíl od plynu ideálního) při prudkém adiabatickém rozpínání ochlazuje. Později tato metoda umožnila dosahovat stále nižších teplot a postupně zkapalňovat celou řadu plynů.

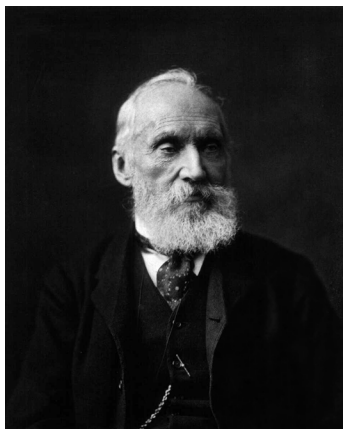
Chybný byl Jouleův odhad rychlosti molekul plynu a výpočet tepelné kapacity plynů. Úspěšné ale byly pokusy s teplotní roztažností kaučuku.

Na Jouleovu počest byla fyzikální jednotka pro teplo, práci a energii pojmenována *joule*.



William THOMSON (lord Kelvin of Largs)

1824–1907



„Nejsem nikdy spokojen, pokud nemohu sestavit mechanický model. Teprve když se mi to podaří, mohu jev pochopit, jinak mu neporozumím.“

„...jestliže můžete to, o čem hovoříte, změřit nebo vyjádřit čísly, pak o tom vždy víte víc...“

Skotský fyzik, matematik, inženýr. Jeden z nejvýznamnějších vědců, který ovlivnil vědecké myšlení své generace. Narodil se v Belfastu, do svých deseti let byl vzděláván otcem. S ním a se svými sourozenci se přestěhoval do Glasgowu, kde otec získal místo profesora matematiky na univerzitě. Thomson jako osmiletý začal navštěvovat univerzitní přednášky z matematiky a v deseti letech se stal řádným studentem univerzity. Z této školy před ukončením studia přešel na univerzitu v Cambridgi, kde publikoval řadu vynikajících matematických prací týkajících se teorie a vedení tepla, tvaru rotující kapaliny a teorie potenciálů. Navrhl také metodu elektrostatického zobrazení elektrického pole nábojů. Na rok odjel do Paříže na návštěvu fyzikální laboratoře H. V. REGNAULTA, francouzského fyzika a chemika. Zde se Thomson zabýval kalorimetrií. Ve Francii také poznal významné vědce, např. BIOTA, FOUCAULTA, LIOUVILLA či CAUCHYHO. Po návratu byl jmenován (jako 22letý) na univerzitě v Glasgowě profesorem přírodních věd, kterým byl celkem 53 let. Byl také vedoucím katedry přírodní filozofie.

Thomson je autorem 18 knih, 661 původních prací a 70 patentů. Jeho dílo sahá od matematiky přes hydrodynamiku, termodynamiku a nauku o elektromagnetismu až k praktickým patentům, jako byl nekapající vodovodní kohoutek, nerozbitný lodní kompas, ozvěnový hloubkoměr (echolot), inkoustový zapisovač telegrafních signálů pro zdokonalení telegrafické komunikace, zr-

cátkový galvanometr a další přístroje pro studium elektřiny, např. kvadrantový elektrometr, elektrostatické váhy (dnes tzv. Kelvinovy váhy) k měření elektrického napětí pomocí neelektrických veličin, dvojitý můstek pro měření malých elektrických odporů, elektrostatický voltmetr.

Thomson významně reformoval výuku fyziky a zavedl experimentální výuku studentů přímo při vědecké práci ve fyzikálních laboratořích. Nejlepší studenty motivoval udělováním cen. Dostalo se mu všech možných vědeckých poct. Byl členem Královské společnosti v Londýně a pět let jejím prezidentem, členství získal i v dalších 88 akademiích a vědeckých společnostech. Obdržel 21 čestných doktorátů.

Aktivně se účastnil kladení prvního podmořského telegrafního kabelu mezi Evropou a Amerikou (zahájeno 1857, dokončeno 1865). Byl pověřen vědeckou garancí tohoto ambiciózního úkolu, řídil veškeré práce, navrhl pro telegrafní spojení potřebné velmi citlivé přístrojové vybavení a vyslal první telegram z Evropy do Ameriky. Za tuto činnost byl královnou Viktorií roku 1866 povýšen do rytířského stavu (prof. Thomson se změnil na sira W. Thomsona) a v roce 1892 byl povýšen do šlechtického stavu a stal se z něj lord Kelvin of Largs (Kelvin je malá říčka protékající kolem univerzity v Glasgow, Largs je název místa ve Skotsku, kde měl Thomson venkovské sídlo).

V roce 1847 navázal osobní přátelství s J. P. JOULEM a intenzivně s ním spolupracoval v oblasti termodynamiky. Výsledkem spolupráce byla řada společných publikací, v nichž mimo jiné zkoumali změnu teploty plynu při jeho expanzi do vakua (později označovanou jako Jouleův-Thomsonův jev). Thomson ve své práci *O dynamické teorii tepla* z r. 1851 nově formuloval a zobecnil druhý termodynamický zákon (původně odvozený CLAUSIEM 1850): „Není možné přenášet cyklickým procesem teplo z chladnějšího tělesa na teplejší, aniž se přitom jistá práce přemění v teplo.“ Thomson také zobecnil princip zachování energie (formulovaný HELMHOLTZEM v r. 1847) a zavedl absolutní termodynamickou teplotní stupnici. Těmito pracemi výrazně přispěl k tomu, že se z termodynamiky stala exaktní věda.

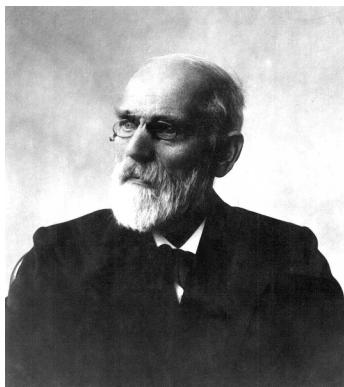
Thomson také významně přispěl k budování klasické teorie elektromagnetického pole. Např. odvodil vztahy pro výpočet energie elektrického a magnetického pole. Svými pracemi inspiroval mladšího přítele J. C. MAXWELLA.

Ve stěžejních dílech *Matematická teorie elektřiny a magnetismu* a *Elektromagnetické kmity a vlny* se Thomson zabýval rezonančními vlivy v elektrických obvodech. Odvodil např. vztah pro rezonanční frekvenci oscilátoru LC (dnes nazývaný Thomsonův vzorec).

Thomson byl ve své době považován, vedle FARADAYE, za nejvýznamnějšího fyzika Velké Británie. Jako jedno z ocenění Thomsonovy vědecké činnosti byl podán návrh nazvat jeho jménem jednotku elektrické energie. Thomson to však odmítl. Mnohem pozdějšího data je pak pojmenování jednotky absolutní (a později termodynamické) teploty názvem *kelvin*.

Johannes Diderik van der WAALS

1837–1923



„Nemůže být pochyb o tom, že název van der Waalsovy síly bude brzy patřit mezi nejdůležitější v molekulární vědě.“

Skotský fyzik J. C. Maxwell

Holandský fyzik. Narodil se v Leidenu (starším nizozemským pravopisem Leyden), kde po ukončení základního vzdělání začal učit fyziku na základní škole. Po studiu na univerzitě v Leidenu díky dosaženému vzdělání začal učit matematiku a fyziku na střední škole v Deventeru a Haagu. Po obhájení vysoce oceněné doktorské disertace s názvem *Over de Continuïteit van den Gas – en Vloeïstoestand* v roce 1873 se o tři roky později stal prvním profesorem fyziky na nově založené univerzitě v Amsterdamu. Zde působil až do svého odchodu do důchodu.

Jeho hlavním zájmem byla molekulová fyzika a termodynamika. Byl ovlivňován pracemi významných fyziků – Němce R. CLAUSIA (konkrétně prací o povaze pohybu, který nazýváme teplem) a později Skota J. C. MAXWELLA, Rakušana L. BOLTZMANN a Američana W. GIBBSE.

V roce 1873 upravil stavovou rovnici ideálního plynu k popisu chování reálného plynu. Při úpravě této rovnice předpokládal nejen existenci molekul (existence atomů byla sporná v době, kdy žil), ale také to, že molekuly mají vlastní objem (oprava objemu plynu) a vzájemně se přitahují (oprava tlaku plynu). Následně upravená rovnice, např. pro látkové množství 1 mol ve tvaru $(p + a/V_m^2) \cdot (V_m - b) = RT$, kde p je tlak, V_m molární objem, T termodynamická teplota plynu, a , b konstanty charakteristické pro daný reálný plyn, R molární plynová konstanta, se nazývá rovnice van der Waalsova. Rovnicí bylo popisováno nejen chování reálných plynů, ale i jejich kondenzace. Za

práci na stavové rovnici pro plyny a kapaliny byla van der Waalsovi v roce 1910 udělena Nobelova cena.

Jako první se van der Waals zabýval otázkami vzájemného silového působení mezi molekulami ve spojitosti s plynným a kapalným skupenstvím těžé látky. Dnes jsou tyto síly, které způsobují např. vnitřní tlak v kapalinách, známy pod názvem van der Waalsovy síly.

Další objev publikoval van der Waals v roce 1880, když formuloval tzv. teorém korespondujících stavů. Podle tohoto teorému existuje univerzální funkce redukovaných stavových veličin tlaku, teploty a objemu (poměr hodnoty stavové veličiny k hodnotě kritické), popisující přesně stavové chování plynů a případně kapalin. Tento teorém např. hrál klíčovou roli při pokusech, které nakonec vedly ke zkapalnění vodíku skotským fyzikem a chemikem sirem J. DEWAREM (1898) a helia holandským fyzikem H. K. ONNESEM (1908). Posledně jmenovaný, který v roce 1913 obdržel Nobelovu cenu za práce s nízkými teplotami a výrobu tekutého helia, napsal v roce 1910, „že van der Waalsovy studie byly vždy považovány za kouzelnou hůlku pro provádění pokusů a že kryogenní Laboratory v Leydenu se vyvinula pod vlivem jeho teorií“.

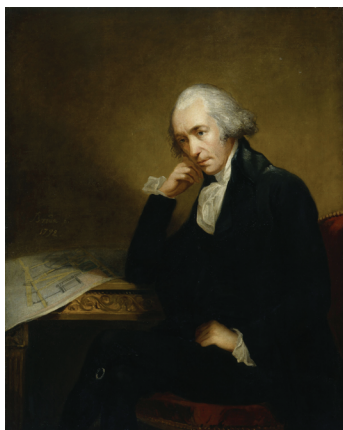
Van der Waalsovým dalším úspěchem byla kombinace jím objevené stavové rovnice s druhým zákonem termodynamiky.

V roce 1893 publikoval van der Waals hlavní myšlenky termodynamické teorie kapilarity, jejímž hlavním předpokladem byla existence pozvolné, následně velmi prudké změny hustoty na rozhraní mezi kapalinou a párou. Prováděl také výzkumy týkající se elektrolytické disociace.

Van der Waals obdržel během svého života řadu ocenění a vyznamenání. Kromě Nobelovy ceny za fyziku mu byl udělen čestný doktorát na univerzitě v Cambridge, byl dlouholetým členem královské Nizozemské akademie věd (byl i 6 let tajemníkem) a byl jmenován čestným členem vědeckých společností v řadě zemí.

James WATT

1736–1819



„Inženýrův život bez patentů není hodnotný.“

Anglický inženýr a vynálezce, který svůj život zasvětil parnímu stroji a zdokonalování jeho konstrukce. Díky Wattovi získalo lidstvo výkonný zdroj energie pro pohon nejrůznějších strojních zařízení i pro dopravu, a to předznamenalo revoluční rozmach průmyslové výroby.

Východiskem Wattových prací byl parní stroj, který sestrojil T. NEWCOMEN, a Watt ho od roku 1765 systematicky zdokonaloval. Základem parního stroje je pracovní válec s pístem, který se pohybuje působením horké páry přiváděné do válce. Činnost parního stroje se podstatně zlepšila tím, že Watt opatřil stroj zvláštním kondenzátorem páry umístěným mimo pracovní válec. V něm se pára po vykonání práce měnila zpět na vodu. Dalším pokrokem bylo zavedení dvojcestného ventilu, který umožňoval, aby píst byl hnán párou střídavě v obou směrech, a použití setrvačnicku, pomocí kterého byl posuvný pohyb pístu převáděn na otáčivý pohyb, což je nezbytné pro plynulý pohon dalších strojních zařízení.

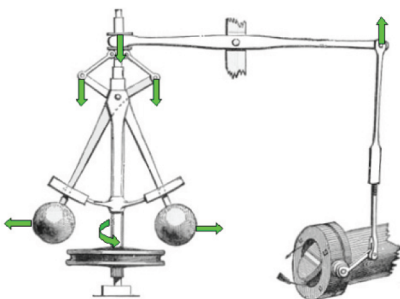
Značný historický význam má konstrukce důmyslného zařízení pro regulaci otáček parního stroje, tzv. Wattova odstředivého regulátoru. Jeho princip spočívá ve využití setrvačné odstředivé síly, která působí na dvojici rotujících závaží (koulí) upevněných na konci pákového mechanismu. Jestliže otáčky parního stroje vzrostly, zvětšila se setrvačná odstředivá síla, závaží se oddálila od osy otáčení a pákový mechanismus poněkud uzavřel ventil, kterým se

ovládal přívod páry do pracovního válce parního stroje. To způsobilo zmenšení otáček stroje, opětý pokles závaží a otevření ventilu. Tak byl poprvé prakticky využit princip automatické regulace v technice.

Konstrukce Wattova parního stroje dosáhla takové dokonalosti, že na ní po dlouhá desetiletí nebylo třeba nic měnit. Watt nebyl fyzik ani učitel. Přesto byl jeho život těsně spjat s univerzitou v Glasgowě, kde působil jako univerzitní mechanik. To mu zajistilo potřebný klid i prostředky pro práci.

I když parní stroj představoval náplň celého jeho života, byl odpůrcem využití parního stroje pro pohon dopravních prostředků. Watt upřesnil a rozlišil fyzikální veličiny práce a výkon a zavedl pro jednotku výkonu „*koňskou sílu*“ HP. Ta byla později nahrazena jednotkou *watt* (W) používanou dodnes.

Za svoje vynálezy byl poctěn mnoha vyznamenáními, byl zvolen členem Královských společností v Londýně a Edinburhu a pařížské Akademie. Povýšení do šlechtického stavu, které mu bylo nabídnuto těsně před smrtí, odmítl.



Reference

V přehledu fyzikálních osobností vztahujících se k výuce molekulové fyziky a termiky byly použity tyto zdroje:

Štoll, I.: *Dějiny fyziky*. Prometheus, Praha 2009.

Chramov, Ju. A.: *Fiziki. Biografičeskij spravočnik*. Těchnika, Kijev 1983.

Kraus, I.: *Dějiny evropských objevů a vynálezů*. Academia, Praha 2001.

Kraus, I.: *Fyzika v kulturních dějinách Evropy. Starověk a středověk*. 1. vydání. Nakladatelství ČVUT, Praha 2006.

Mališek, V.: *Zakladatel kinetické teorie plynů. Daniel Bernoulli*. In: MFvŠ, únor 1982, roč. 12, č. 6, s. 409–410.

Kucharski, M.: *William Thomson – Lord Kelvin*. In: Čs. čas. fyz., 1975, A25, s. 164–170.

Internetové zdroje (dostupné k 27. 2. 2016):

<http://cswikipedia.org/wiki/> a zadat jméno fyzika

<http://www.google.cz>

<http://zivotopisyonline.cz>

<http://www.quido.cz/osobnosti>

<http://citaty.net/autori>

<http://www.converter.cz/fyzici/>

<http://www.fyzici.tvst.cz>

<http://www.commonswikimedia.org>