



Ιστορία Φυσικών Επιστημών

Εαρινό εξάμηνο 2014

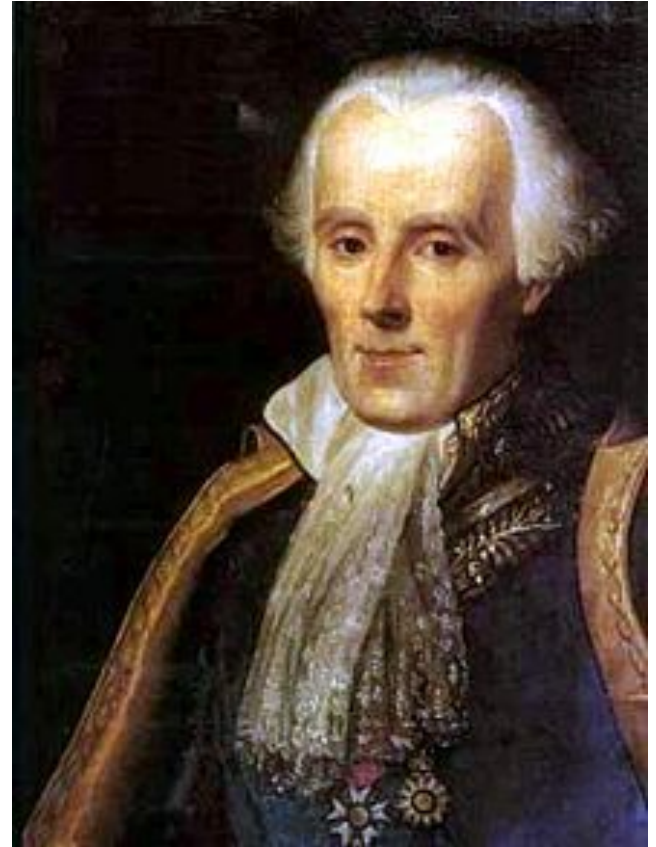
Φαίδρα Παπανελοπούλου

<http://eclass.uoa.gr/courses/PHS222/>

- Η φυσική του 18^{ου} αιώνα μελετούσε τα μηχανικά φαινόμενα με μαθηματικό τρόπο, ενώ απέφευγε υποθέσεις σχετικά με τα άτομα και τη φύση των δυνάμεων.
- Αντίθετα η θερμότητα και ο ηλεκτρισμός αντιμετωπίζονταν ως «αβαρή ρευστά» (υποθετικές και γενικά ποιοτικές ερμηνείες που αντιδιαστέλλονται προς την ποσοτικοποιημένη επιστήμη της μηχανικής)
- Στα τέλη του 18^{ου} αιώνα έγιναν προσπάθειες να αντιμετωπιστεί με μαθηματικό τρόπο η θερμότητα και ο ηλεκτρισμός, κάτι που είχε ως αποτέλεσμα την έναρξη της εννοιολογικής ενοποίησης της επιστήμης της φυσικής.

Δημιουργία μιας ενιαίας φυσικής

- Ο Laplace (1749-1827) και οι οπαδοί του διατυπώνουν μια μαθηματική θεωρία των διασωματιδιακών δυνάμεων, εφαρμόσιμη τόσο σε μηχανικά, όσο και σε θερμικά και οπτικά φαινόμενα. Αν και η θεωρία αυτή παραμερίστηκε, η λαπλασιανή έμφαση στη μαθηματικοποίηση και στη διαμόρφωση μιας ενιαίας θεώρησης τους φυσικού κόσμου είχε σημαντική επίδραση στη μετέπειτα εξέλιξη της φυσικής θεωρίας.



Δημιουργία μιας ενιαίας φυσικής



- Ο Coulomb (1736-1806) απέδειξε το νόμο, σύμφωνα με τον οποίο οι ηλεκτροστατικές έλξεις ή απωθήσεις που ασκούν μεταξύ τους δύο φορτισμένα σώματα είναι ανάλογες με το μέγεθος του φορτίου τους και αντιστρόφως ανάλογες με το τετράγωνο της απόστασής τους.
 - οικουμενικότητα του νευτώνειου νόμου- πεποίθηση ότι ο νόμος αυτός θα αγκάλιαζε και άλλα φαινόμενα, όταν θα εκλεπτύνονταν σε επαρκή βαθμό οι μετρητικές τεχνικές.

Δημιουργία μιας ενιαίας φυσικής



- Με τη δημοσίευση της μαθηματικής θεωρίας της θερμότητας που διατύπωσε το 1822 ο Joseph Fourier (1768-1830), η μελέτη της θερμότητας εντάχθηκε στο πλαίσιο της μαθηματικής ανάλυσης, που αρχικά εφαρμοζόταν μόνο σε μηχανικά προβλήματα.

Δημιουργία μιας ενιαίας φυσικής

- Η κυματική θεωρία του φωτός του A.J. Fresnel (1788-1827), που υπέθετε ότι το φως διαδίδεται με τις ταλαντώσεις ενός μηχανικού αιθέρα, ενέταξε και την οπτική στο πλαίσιο της μηχανοκρατικής θεώρησης της φύσης. Ως τα 1830 η κυματική θεωρία του φωτός είχε τύχει γενικής αποδοχής και οι φυσικοί ερευνούσαν διάφορες φυσικές και μαθηματικές θεωρίες προκειμένου να διατυπώσουν μια εσωτερικά συνεπή μηχανική θεωρία της οπτικής.



Δημιουργία μιας ενιαίας φυσικής

- Η φυσική του 19^{ου} αιώνα μπορεί να θεωρηθεί ως ένας διάλογος μεταξύ της ενότητας της φύσης και της πολλαπλότητας των φαινομένων, ανάμεσα στη δομή του όλου και τη συμπεριφορά και διάταξη των μερών.
- Η διατύπωση του **νόμου της διατήρησης της ενέργειας** τη δεκαετία του 1840 τόνισε την ενότητα της φυσικής και ενέταξε τα φαινόμενα της θερμότητας, του φωτός, του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού στο πλαίσιο των φαινομένων που υπακούουν σε μηχανικές αρχές.



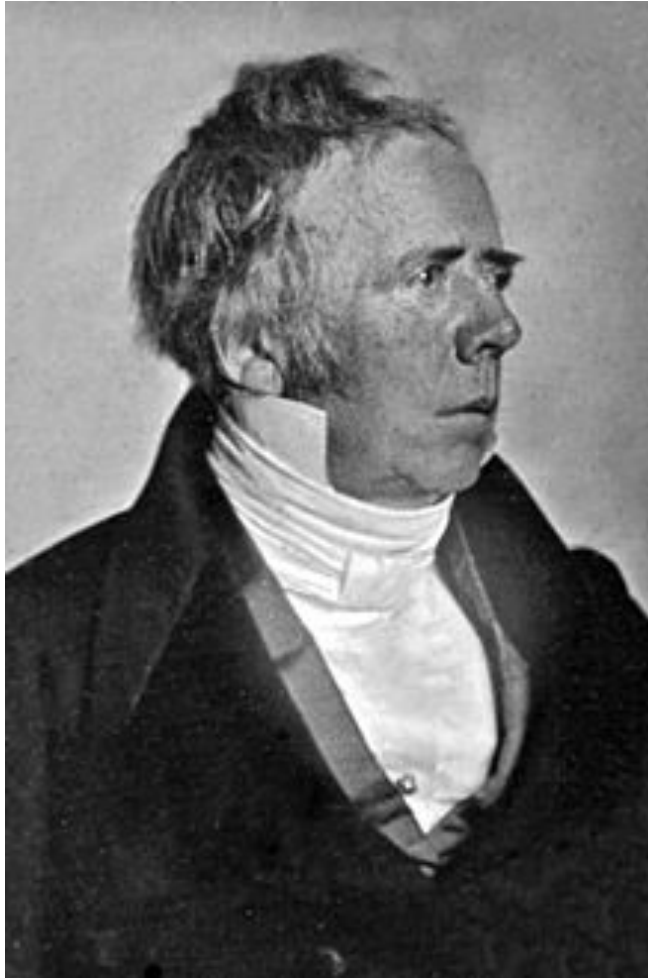
Η Φυσική το 19^ο αιώνα: Η αρχή διατήρησης της ενέργειας

- Thomas Kuhn: «Η διατήρησης της ενέργειας σαν ένα παράδειγμα ταυτόχρονης ανακάλυψης» (1959)
 - Από το 1820 ως τα μέσα της δεκαετίας του 1850 περίπου δώδεκα άτομα κατέληξαν, ο καθένας με το δικό του τρόπο, στην αρχή διατήρησης της ενέργειας.
 - Τρεις παράγοντες έκαναν δυνατή την «ταυτόχρονη ανακάλυψη»:
 - η διαθεσιμότητα των διαδικασιών μετατροπής των φυσικών δυνάμεων,
 - το ενδιαφέρον για τις μηχανές,
 - η Naturphilosophie.

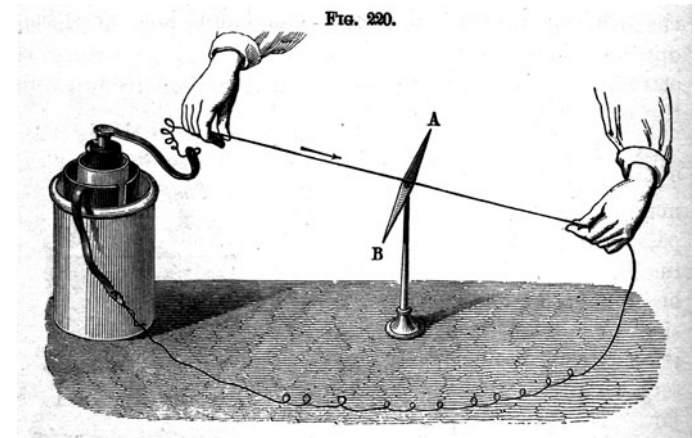
Αλληλομετατροπές των «φυσικών δυνάμεων»

- Πρώτο μισό του 19^{ου} αι: ανακαλύψεις που συνέδεαν περιοχές της επιστήμης που μέχρι τότε θεωρούνταν άσχετες μεταξύ τους.
- Οι Oersted, Ampere & Faraday ανακαλύπτουν φαινόμενα που συνδέουν τον ηλεκτρισμό, το μαγνητισμό και τη μηχανική.
- Αίτημα ποσοτικής έκφρασης των αλληλομετατροπών των φυσικών δυνάμεων (καθιέρωση ενός ισοδύναμου της ισχύος τους)

Hans Christian Oersted (1777-1851)



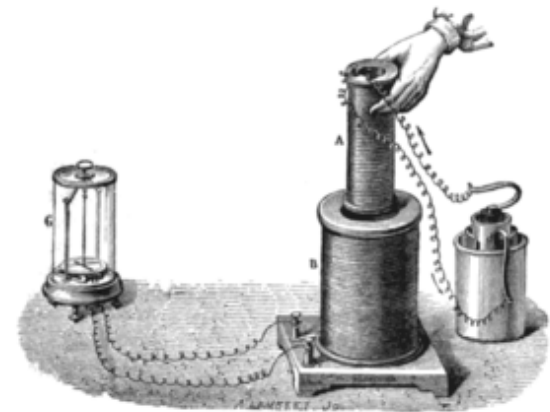
- Ηλεκτρομαγνητισμός (επίδραση ηλεκτρικού ρεύματος σε μια μαγνητική βελόνα)
- Πίστη στην κρυφή ενότητα των δυνάμεων της φύσης.
- Ο ηλεκτρισμός, ο μαγνητισμός, η θερμότητα και το φως είναι εκδηλώσεις μιας μόνης δύναμης.
- Τα φυσικά φαινόμενα ερμηνεύονται στη βάση αντιμαχόμενων ελκτικών και απωστικών δυνάμεων.



Michael Faraday (1791-1867)



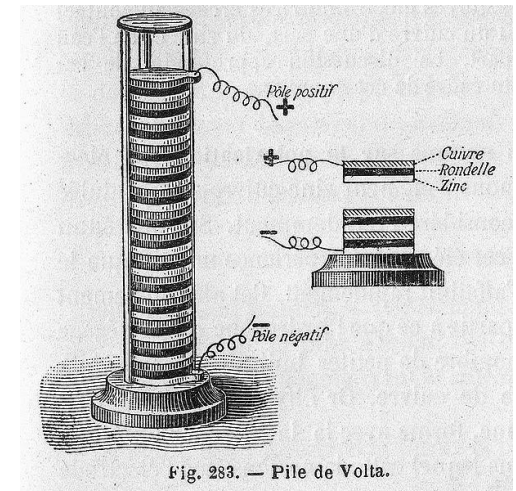
- Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.
Η διέλευση ενός ηλεκτρικού ρεύματος από έναν αγωγό (πρωτεύον κύκλωμα), τυλιγμένο γύρω από τη μία πλευρά ενός σιδερένιου δακτυλίου, προκαλούσε παροδικό ρεύμα σε έναν άλλο αγωγό (δευτερεύον κύκλωμα), τυλιγμένο γύρω από την άλλη πλευρά του δακτυλίου.
- Η κίνηση ενός μαγνήτη μπορεί να δημιουργήσει ηλεκτρικό ρεύμα.



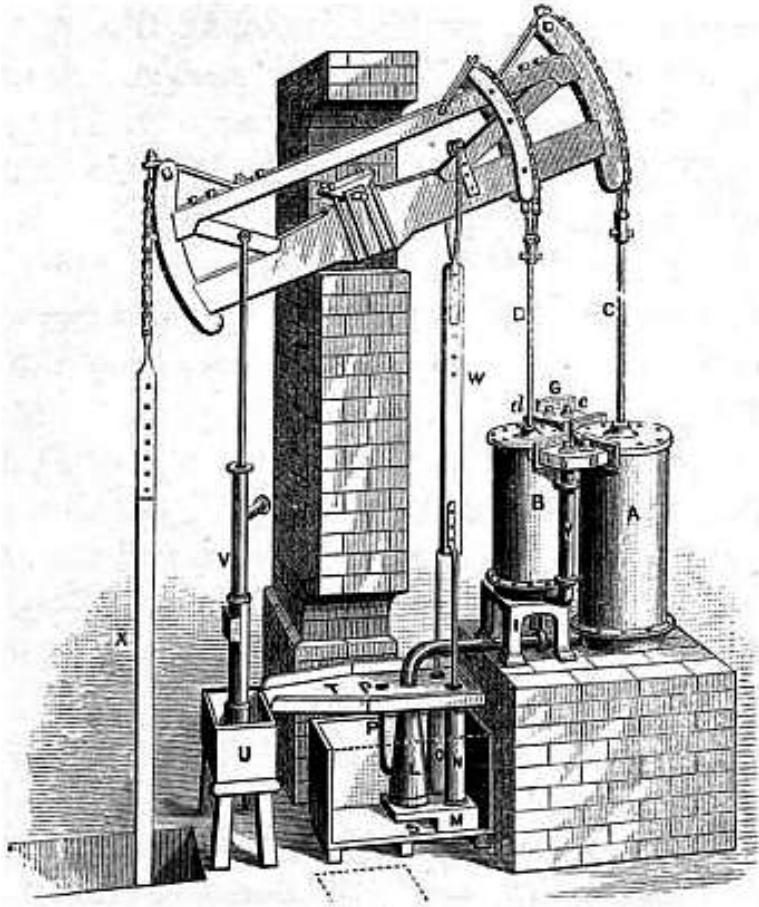
Alessandro Volta (1745-1827)



- Επινόηση της μπαταρίας και ηλεκρόλυση
- Συνάφεια ηλεκτρισμού και χημείας (χημικές διαδικασίες μπορούν να δημιουργήσουν ηλεκτρικό ρεύμα- ενώ το ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί χημικά φαινόμενα)



Σχέση θερμότητας-κίνησης



- Δυνατότητα της θερμότητας να παράγει κίνηση (ατμομηχανή), ενώ η κίνηση με την τριβή μπορεί να δημιουργήσει θερμότητα.

Μελέτη μηχανών

- Σε όλο τον 18^ο αιώνα, παράλληλα με τη θεωρητική μηχανική αναπτύχθηκε και η μηχανολογία (ραγδαία ανάπτυξη των μηχανών ισχύος-υδροκίνητες και ατμομηχανές)
- Υπολογισμός της οικονομικής απόδοσης των μηχανών και μέτρηση της ισχύος τους [Ισχύς: βάρος που μπορεί να σηκώσει επί το ύψος της ανύψωσης]

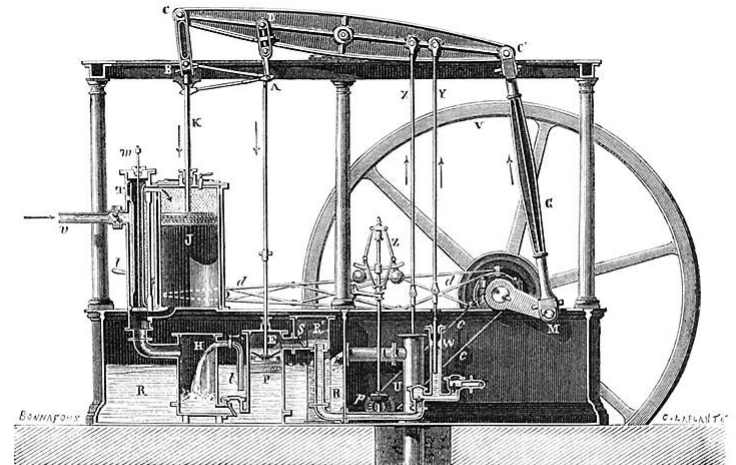


Fig. 59. — Machine à balancier de Watt.

e. Tuyau de prise de vapeur; T. tiroir; J. cylindre; H. condenseur; PE pompe d'épuisement; WY pompe alimentaire de la chaudière
UX pompe d'alimentation de la bûche R; p Z régulateur; dδ excentrique; ABCD parallélogramme; GN bielle et manivelle; V volant.

Μεγάλη Βρετανία

- Οι πρώτες ατμομηχανές που χρησιμοποιήθηκαν στη Βρετανική βιομηχανία (αρχές 18^{ου} αι.) ήταν αυτές του Thomas Savery και του Thomas Newcomen, με τις οποίες αντλούνταν τα νερά από τις στοές των ορυχείων.
- Χάρη στις καινοτομίες που εισήγαγε ο Σκώτος μηχανικός James Watt (1736-1819), η χρήση της ισχύος του ατμού άρχισε να εξαπλώνεται σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς.
- Οι καινοτομίες αυτές προκάλεσαν το ενδιαφέρον των φυσικών φιλοσόφων ως προς τις αρχές λειτουργίας των μηχανών, και λειτούργησαν ως ένα νομιμοποιητικό πλαίσιο για τον ρόλο των φυσικών στην νέα βιομηχανική κοινωνία. Οι έρευνες τους είχαν καταφανή πρακτική ωφέλεια και συνάδαν με τις νεοδημιουργηθείσες ανάγκες της εκβιομηχάνισης.
- *Οι περισσότεροι μηχανικοί ήταν εμπειροτέχνες*

Γαλλία

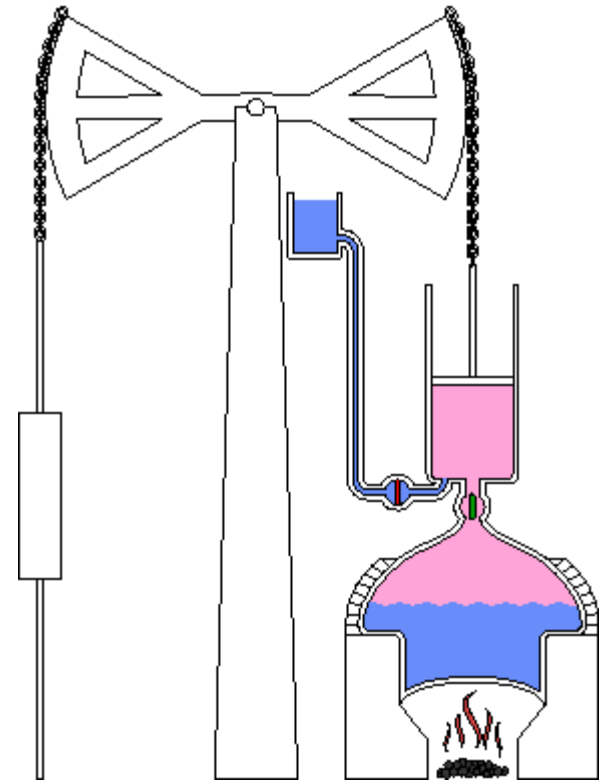
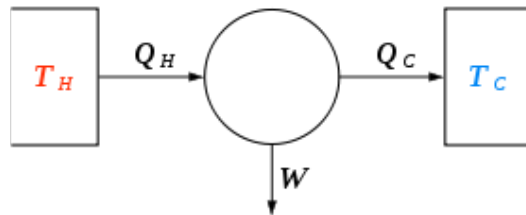
- Μέχρι το 1815, το ενδιαφέρον για τις ατμομηχανές ήταν περιορισμένο (200 μηχανές έναντι των περίπου 5000 μηχανών της Μ. Βρετανίας, παλαιάς τεχνολογίας χωρίς πραγματικό όφελος έναντι των υδραυλικών μηχανών).
- Με το τέλος των Ναπολεόντειων πολέμων η Γαλλία επανέκτησε τις επαφές της με τα άλλα Ευρωπαϊκά κράτη.
- Οι διάφορες μελέτες Γάλλων μηχανικών πάνω στη λειτουργία των ατμομηχανών λάμβαναν χώρα κυρίως σε ακαδημαϊκά πλαίσια.
- Η άσκηση τεχνικής ανερχόταν σε εφαρμογές αρχών της μηχανικής και των μαθηματικών σε προβλήματα που αφορούσαν τα μεταλλεία, το πυροβολικό, την κατασκευή δρόμων, γεφυρών, σιδηροδρομικών γραμμών κτλ.
- Η έρευνα και ιδίως οι μελέτες που είχαν ως στόχο να δώσουν στέρεη θεωρητική βάση σε προβλήματα μηχανικής δεν απουσίαζε από τα τεχνολογικά ιδρύματα.
- Από το 1815 και έπειτα, η μελέτη και προσπάθεια βελτίωσης της απόδοσης των ατμομηχανών ήταν μία από τις κύριες ασχολίες των Γάλλων μηχανικών που επιθυμούσαν να καταστήσουν την γαλλική βιομηχανία το ίδιο ανταγωνιστική με την βρετανική.

Sadi Carnot (1796-1832)

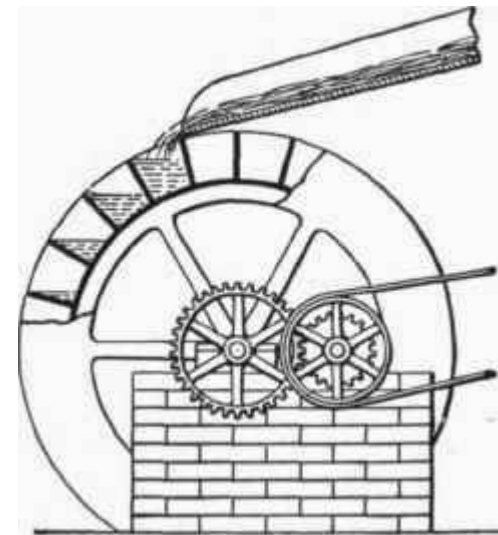
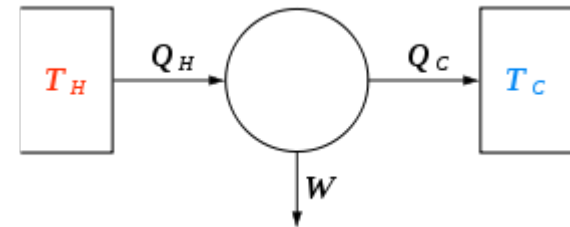
- «Σκέψεις για την κινητήρια δύναμη της φωτιάς» (1824)
- Καθορισμός των συνθηκών υπό τις οποίες επιτυγχάνεται η πιο οικονομική χρήση της θερμότητας για την παραγωγή κινητήριας δύναμης.
 - υπάρχει όριο στην κινητήρια δύναμη που μπορούσαν να παράγουν οι ατμομηχανές;
 - κατά πόσο ο ατμός είναι το αποτελεσματικότερο μέσο παραγωγής κινητήριας δύναμης;



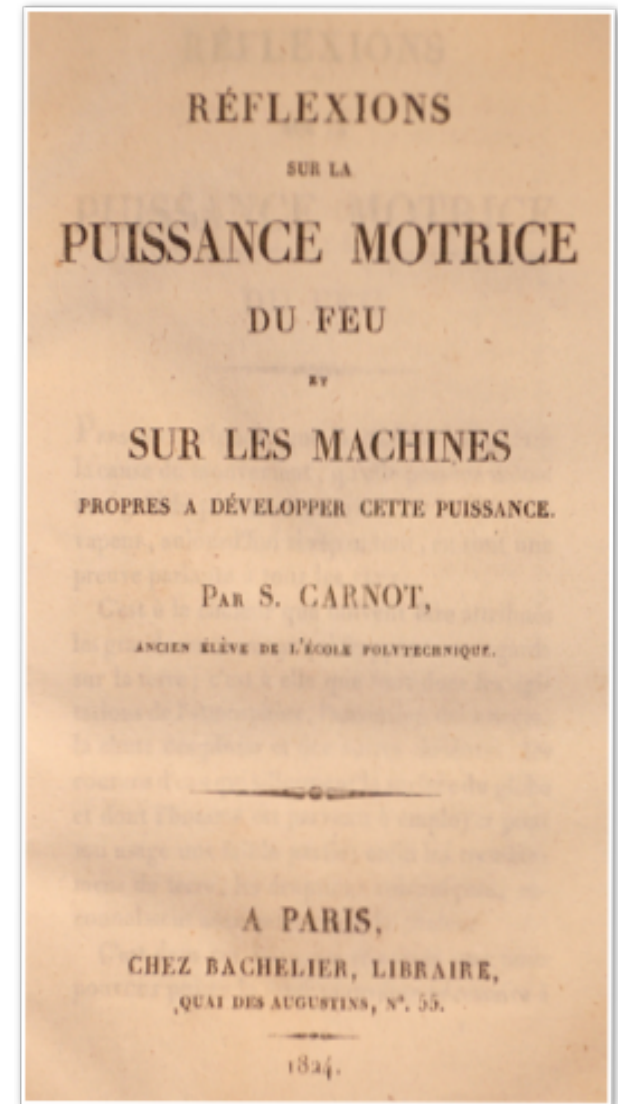
- Η μελέτη αφορά μια ιδανική μηχανή (χωρίς απώλειες θερμότητας), που αποτελείται από μια δεξαμενή θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας, μια δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας και έναν κύλινδρο με έμβολο γεμάτος με αέριο.



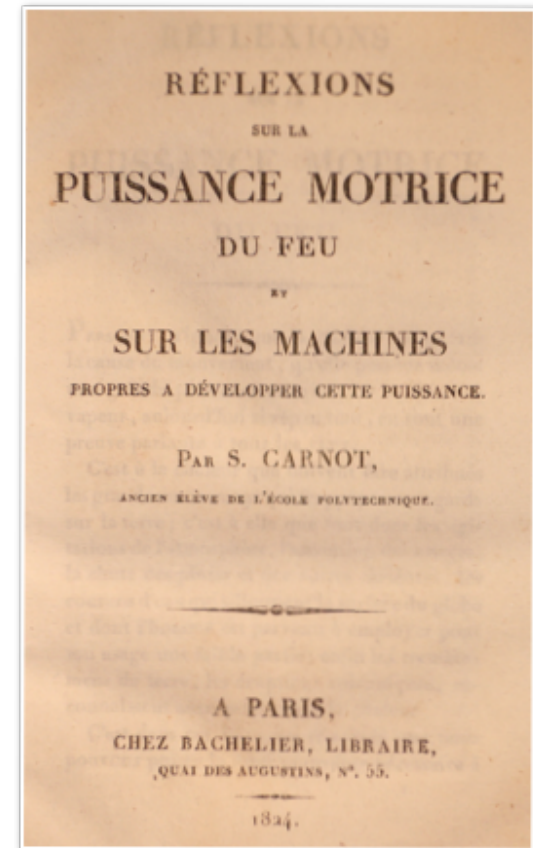
- Το αέριο υφίσταται διάφορες μεταβολές παίρνοντας θερμότητα από την θερμή δεξαμενή, δίνοντας θερμότητα στην ψυχρή δεξαμενή και παράγοντας κινητήρια δύναμη.
- Η διαδικασία είναι κυκλική, και το αέριο επανέρχεται πάντα στην αρχική του κατάσταση.
- Η κινητήρια δύναμη παράγεται από τη ροή θερμότητας από τη θερμή στην ψυχρή δεξαμενή.
- *Η θερμική μηχανή του Carnot λειτουργεί όπως μια υδροκίνητη μηχανή, στην οποία τη θέση του νερού παίρνει η θερμότητα.*



- Το βιβλίο δεν είχε άμεσο αντίκτυπο στους συγχρόνους του :
 - Το ενδιαφέρον του Carnot να αναπτύξει μια γενική θεωρία για την κινητήρια δύναμη της θερμότητας για κάθε είδους μηχανής, δεν απαντούσε στα *πρακτικά* προβλήματα των μηχανικών.
 - Δεν υπήρχε καμία αναφορά σε ζητήματα κατασκευής, κόστους, ασφάλειας, ευχρηστίας, θερμικών απωλειών κτλ. που απασχολούσαν ανάλογες πραγματείες.
 - Μερικές από τις υποδείξεις του Carnot ήταν αρκετά κοινότοπες (π.χ. Η χρήση ατμού υψηλής πίεσης και η εφαρμογή της αρχής της ελεύθερης εκτόνωσης).

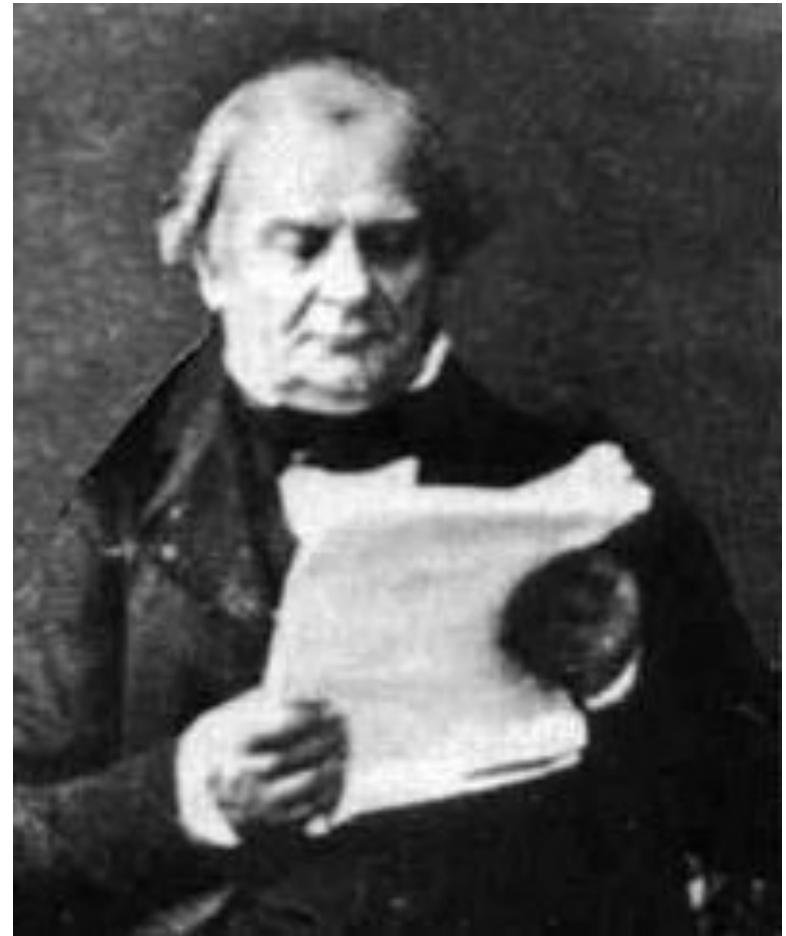


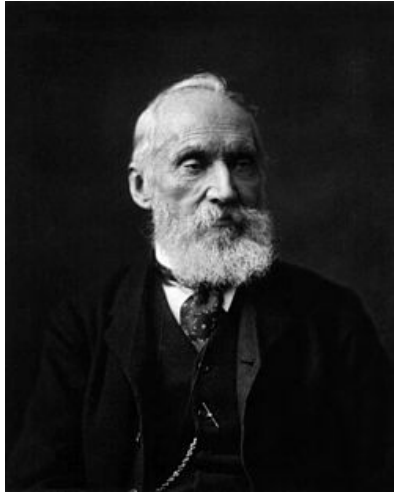
- Σε μια εποχή όπου η μαθηματική φυσική άνθιζε στη Γαλλία, το βιβλίο περιείχε ελάχιστες μαθηματικές διατυπώσεις. Ο αναγνώστης θα έπρεπε να καταβάλει ιδιαίτερη προσπάθεια προκειμένου να κατανοήσει τα επιχειρήματα του Carnot.
- Το βιβλίο ήταν αποτρεπτικό ακόμα και για φυσικούς, οι οποίοι θα μπορούσαν να είχαν ενδιαφερθεί για ορισμένες παρατηρήσεις του σχετικά με τη θεωρία των αερίων.



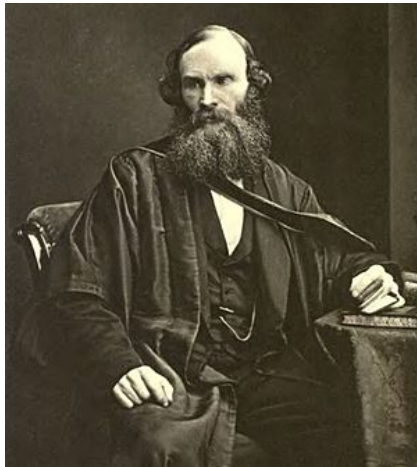
Emile Clapeyron (1799-1864)

- Επεξεργάστηκε εκ νέου την εργασία του Carnot και τη δημοσιεύει το 1834.
- Η εκδοχή του Clapeyron ήταν γραμμένη σε αναλυτικά μαθηματικά, και περιείχε μερικά επιπρόσθετα στοιχεία, καθώς και την εισαγωγή του διαγράμματος όγκου-πίεσης.
- Οι προσπάθειες του Clapeyron να στρέψει την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας στα κύρια επιχειρήματα του Carnot απέβησαν και αυτές άκαρπες.



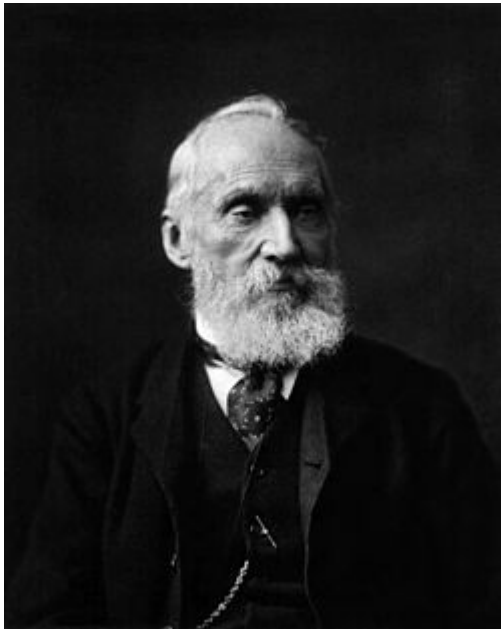


William Thomson
(1824-1907)



James Thomson
(1822-1892)

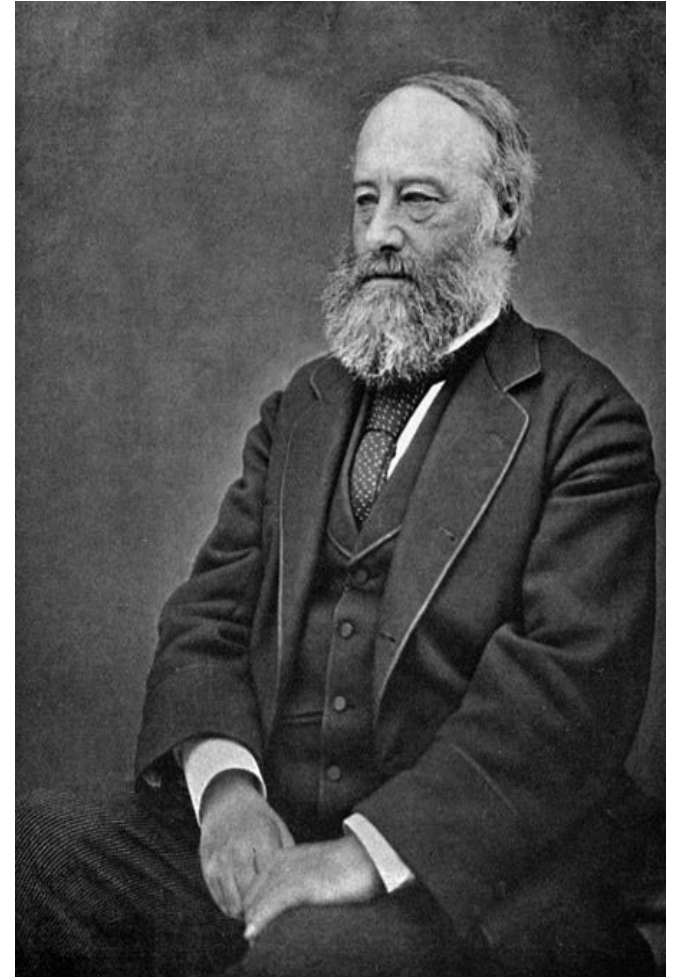
- Στις αρχές της δεκαετίας του 1840, η αγγλική μετάφραση της εργασίας του Clapeyron έπεσε στα χέρια των James και William Thomson.
- Οι αδελφοί Thomson είχαν 'κληρονομήσει' το ήθος της σκληρής εργασίας, της θρησκευτικής ανοχής και της αυτοπειθαρχίας όπως είχε διαμορφωθεί από τους Σκώτους διαφωτιστές του 18^{ου} αιώνα.
- Μια από τις κύριες έγνοιες τους ήταν η ελαχιστοποίηση της σπατάλης και η μεγιστοποίηση της απόδοσης των μηχανών.



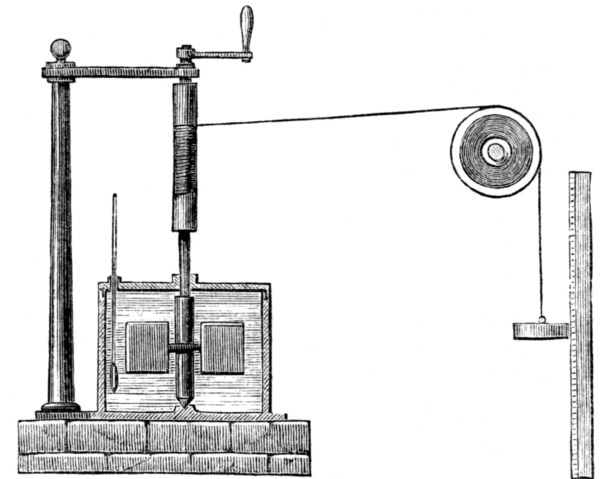
- Το 1845, ο William Thomson επισκέφτηκε το εργαστήριο του πειραματικού φυσικού Victor Regnault στο Παρίσι προκειμένου να μαθητεύσει δίπλα του (θερμομετρία-ατμομηχανές).
- Διαβάζει την εργασία του Clapeyron και λίγα χρόνια αργότερα το βιβλίο του Carnot, τις απόψεις του οποίου ενστερνίζεται.

James Prescott Joule (1818-1889)

- Ο ενθουσιασμός του William Thomson για τη θεωρία του Carnot μετριάστηκε όταν συνάντησε τον Joule, ο οποίος ισχυριζόταν ότι η θερμότητα και το μηχανικό έργο είναι δύο όψεις του ίδιου φαινομένου.
- Οι πειραματικές μελέτες του Joule στις ηλεκτρικές μηχανές, στην ηλεκτροχημεία και στον βολταϊκό ηλεκτρισμό παρείχαν ενδείξεις της ύπαρξης ενός ποσοτικού ισοδύναμου μηχανικού έργου και θερμότητας.
- Τα πειράματά του κατά το πρώτο μισό της δεκαετίας του 1840 είχαν ως στόχο την ποσοτικοποίηση της σχέσης μεταξύ θερμότητας και έργου, τον ποσοτικό καθορισμό, δηλαδή, του μηχανικού ισοδύναμου της θερμότητας.



- Πείραμα με τη συσκευή με τον περυγιοφόρο τροχό (φτερωτή).
- Μέτρηση με σχετική ακρίβεια τη θερμότητα που αναπτύσσεται από την τριβή ενός ρευστού με έναν περυγιοφόρο τροχό, ο οποίος κινείται με τη βοήθεια ενός συστήματος τροχαλιών και βαρών.



Μηχανικό ισοδύναμο της θερμότητας



- Το πείραμα αυτό υποδεικνύει:
 - η ποσότητα της θερμότητας που αναπτύσσεται λόγω τριβής είναι ανάλογη προς την ποσότητα του δαπανώμενου έργου
 - η ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται για να υψωθεί η θερμοκρασία μιας λίμπρας νερού (0,453kg) κατά έναν βαθμό Φαρενάιτ ισοδυναμεί με το μηχανικό έργο της πτώσης 722 λιμπρών (327,5kg) από το ύψος ενός ποδός (0,3048m).
- Με βάση τα πειραματικά του δεδομένα ο Joule ήταν σε θέση να υποστηρίξει ότι η τριβή είναι μετατροπή έργου σε θερμότητα .

Julius Robert von Mayer (1814-1878)



- Μηχανικό ισοδύναμο της θερμότητας: μια πρώτη εκτίμηση βασισμένος σε δεδομένα της θερμομετρίας από πειράματα συμπίεσης αερίων (1842).
- Ενδιαφέρθηκε για τη σχέση μηχανικού έργου και θερμότητας, όταν σε ένα ταξίδι του στις Δυτικές Ινδίες το 1840 παρατήρησε ότι το αίμα στις φλέβες των ναυτικών ήταν τόσο έντονα κόκκινο που το μπέρδεψε με το αίμα που κυκλοφορεί στις αρτηρίες.
- Στα τροπικά κλίματα, όπου απαιτείται μικρότερη παραγωγή θερμότητας από το σώμα, ο μεταβολισμός αφαιρεί λιγότερο οξυγόνο από το αίμα.
- Η θερμότητα του σώματος παράγεται από την καύση της τροφής και η χημική «δύναμη» της τροφής που καταναλώνεται είναι ίση με τις «δυνάμεις» που παράγονται, δηλαδή τη θερμότητα και την κίνηση

Η αποδοχή των ιδεών του Mayer ήταν μικρή.

- Χρησιμοποιούσε φιλοσοφικού τύπου επιχειρήματα που δεν είχαν απήχηση στην κοινότητα των Γερμανών φυσικών οι οποίοι αποδέχονταν ως επιστημονική γλώσσα μόνο την αυστηρή μαθηματική ανάλυση και τον ποσοτικό πειραματισμό.
- Ο Mayer και ο Joule ενεπλάκησαν σε μια διαμάχη προτεραιότητας για την «ανακάλυψη» του μηχανικού ισοδύναμου της θερμότητας.
- Οι διαμάχες αυτές, οι οποίες πυροδοτούνταν και από άλλους φυσικούς, αποκαλύπτουν τις προσπάθειες ιδιοποίησης της νέας επιστήμης της θερμοδυναμικής.
- Δεν συμφωνούσαν όλοι για το πως η νέα αυτή επιστήμη θα έπρεπε να είναι και για το τι θα έπρεπε να πρεσβεύει για τη φύση και την κοινωνία.

- Η διατύπωση του μηχανικού ισοδύναμου της θερμότητας ανήκει σε μια παράδοση πειραματικών μελετών των αρχών του 19^{ου} αιώνα πάνω σε διαδικασίες μετατροπής, που στηρίζονταν εν μέρει στην πεποίθηση της ενότητας των δυνάμεων.
- **William Robert Grove (1811-1896):**
 - «Ο συσχετισμός των φυσικών δυνάμεων» (1846)
περί μετατροπής και αφθαρσίας των δυνάμεων ως ένα γενικό σύστημα φιλοσοφίας.
- Η ποιοτική παρουσίαση των φαινομένων μετατροπής του Grove δεν θα πρέπει να συγχέεται με διατυπώσεις της αρχής διατήρησης της ενέργειας.



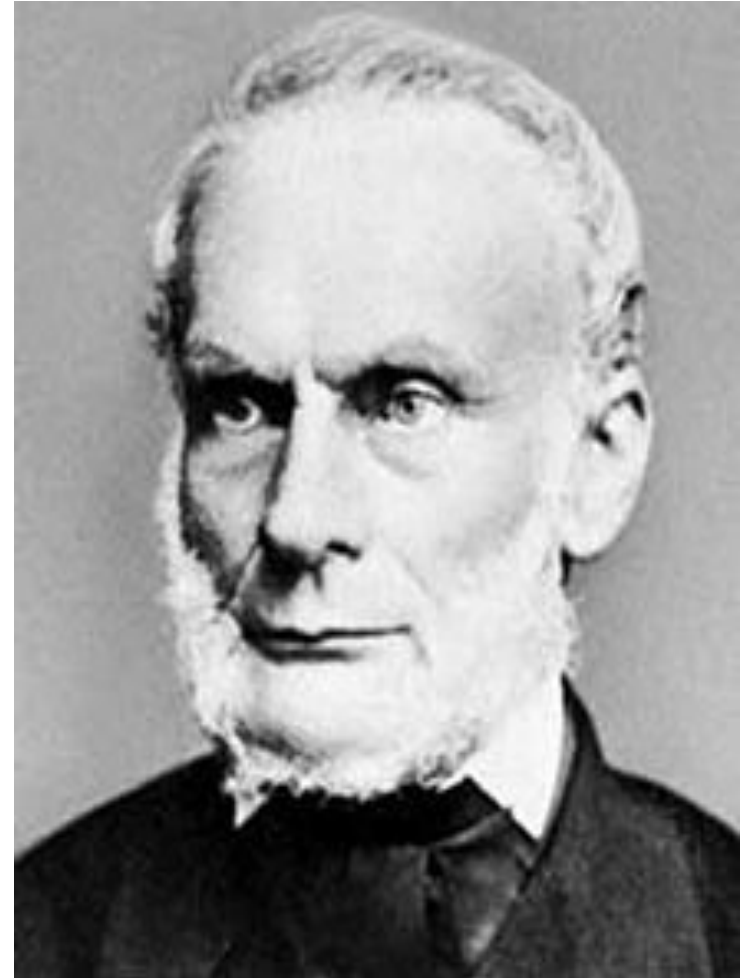
- Στις αρχές της δεκαετίας του 1850, ο μηχανικός William John Macquorn Rankine και ο William Thomson επιχείρησαν μια μεταρρύθμιση της γλώσσας της μηχανικής και κατασκεύασαν την «επιστήμη της ενέργειας».
- Ο όρος «ενέργεια» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1853 στην εργασία του Rankine «Περί του γενικού νόμου της μετατροπής της ενέργειας». Δεν αντιπροσώπευε μονάχα τη θεωρία περί αλληλομετατροπής των δυνάμεων, αλλά και την αρχή διατήρησης της ενέργειας σύμφωνα με την οποία το σύνολο της υπαρκτής και εν δυνάμει ενέργειας στο σύμπαν είναι σταθερό.



William John Macquorn Rankine
(1820-1872)

Rudolf Clausius (1822-1888)

- Η αρχή του Carnot ότι η θερμότητα διατηρείται ως ποσότητα, ερχόταν σε αντιπαράθεση με την πεποίθηση του Joule και του Mayer ότι κατά τη διάρκεια παραγωγής έργου η θερμότητα μετατρέπεται εν μέρει σε μηχανικό έργο.
- Η σύνθεση των θεωριών του Carnot και του Joule που πρότεινε ο Clausius επετεύχθη με την απόρριψη της αρχής διατήρησης της θερμότητας.
- Η θερμότητα που εισέρχεται σε μια θερμική μηχανή μεταφέρεται στην ψυχρή δεξαμενή μόνο εν μέρει, ενώ η υπόλοιπη καταναλώνεται και μετατρέπεται σε μηχανικό έργο.



- Παρά την αποδοχή της σύνθεσης των θεωριών του Carnot και του Joule από τον Clausius, ο W.Thomson κατέδειξε ένα ακόμα θεμελιώδες πρόβλημα:
 - ενώ η μετατροπή της θερμότητας σε μηχανικό έργο ίσχυε για θερμικές μηχανές που λειτουργούν με ροή θερμότητας από υψηλές σε χαμηλές θερμοκρασίες, η επαναμετατροπή ή η επανάκτηση της «χαμένης» θερμότητας, όπως αυτής εξαιτίας της τριβής σε μη-ιδανικές μηχανές, δεν ήταν δυνατή.
- Clausius: «η γενική συμπεριφορά της θερμότητας έχει την τάση να εξομαλύνει τις διαφορές θερμοκρασίες, και άρα να περνάει από ένα θερμό σώμα στο ψυχρότερο».

1865:

 - (1) Η ενέργεια του σύμπαντος παραμένει σταθερή,
 - (2) Η εντροπία του σύμπαντος τείνει προς το άπειρο.

- Το σύμπαν του Thomson και του Clausius δήλωνε μια κατεύθυνση. Η ευκαιρία του να παράγει κανείς ωφέλιμο έργο χανόταν συνεχώς:
 - Κάθε φορά που μια μηχανή λειτουργούσε, η τριβή, η κακή λίπανση, η ατελής μόνωση και ένας αριθμός άλλων παραγόντων συνέβαλλε στη κατασπατάληση ενέργειας.
- Ο Thomson και οι συμπατριώτες του έβλεπαν στην νέα επιστήμη της ενέργειας μια ηθική προσταγή:
 - Εάν η ενέργεια χάνεται συνεχώς, τότε υποχρέωση του ανθρώπου είναι να την εκμεταλλεύεται όσο το δυνατόν περισσότερο.
- Οι λειτουργίες της φύσης μπορούν να κατευθυνθούν προς όφελος του ανθρώπου, αλλά όχι και να αντιστραφούν.



SURPRISE PAR LE FROID, LA DERNIÈRE FAMILLE HUMAINE A ÉTÉ TOUCHÉE DU DOIGT DE LA MORT, ET BIENTÔT SES OSSEMENTS SERONT ENSEVELIS SOUS LE SUIAIRE DES GLACES ÉTERNELLES...

- Σύμφωνα με τους Βρετανούς φυσικούς φιλοσόφους το σύμπαν είχε αρχή και τέλος.
- Το τέλος θα έφτανε όταν η θερμοκρασία του σύμπαντος θα ήταν παντού ομοιόμορφη. Χωρίς τη ροή θερμοκρασίας τα πάντα θα έμεναν στάσιμα.

- Η ανάδυση της θερμοδυναμικής και της έννοιας της ενέργειας, σε μια εποχή όπου τα όρια των κλάδων και υπο-κλάδων της φυσικής και της χημείας ήταν υπό συνεχή διαπραγμάτευση, έτυχε διαφορετικών ερμηνειών και υπήρξε το επίκεντρο έντονων διαμαχών σχετικά με τις οντολογικές, μεθολογικές και φιλοσοφικές παραδοχές της.
- Ο όρος «ενεργητική» που προτάθηκε για την περιγραφή του νέου αυτού επιστημονικού πεδίου, δεν έγινε καθολικά αποδεκτός από την επιστημονική κοινότητα.
- Η θερμοδυναμική αρχικά αναπτύχθηκε ως μια μακροσκοπική θεωρία, δηλαδή ως μια θεωρία που δεν λάμβανε υπόψη της τη μοριακή δομή της ύλης αλλά περιέγραφε τα θερμικά φαινόμενα:
 - Τα δύο αξιώματα της θερμοδυναμικής είναι διατυπωμένα ανεξάρτητα από κάθε υπόθεση σχετικά με τη φύση της ύλης.

Από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα αναπτύχθηκαν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις ως προς τη θερμοδυναμική.

1) υπό το πρίσμα του ατομισμού:

- Προβάλλει την υπόθεση ότι η θερμότητα δεν είναι άλλο από τις κινήσεις των δομικών σωματιδίων της ύλης.
- Η περιγραφή της κίνησης των σωματιδίων αυτών και η σύνδεσή τους με τα θερμικά φαινόμενα, έγινε μέσω της εφαρμογής στατιστικών νόμων και της θεωρίας των πιθανοτήτων.

2) οι δυσκολίες προσαρμογής της θερμοδυναμικής στα περίπλοκα στατιστικά μοντέλα μοριακής κίνησης επανέφεραν στο προσκήνιο επιχειρήματα υπέρ του μακροσκοπικού χαρακτήρα της θερμοδυναμικής.

- Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932): έθεσε τα θεμέλια της «ενεργητικής», υποστηρίζοντας ότι η ενέργεια αποτελεί τη μοναδική οντότητα στη φύση και ότι η ύλη είναι ένα απλό παράγωγό της.
- Pierre Duhem (1861-1916): κατά της χρήσης μηχανικών μοντέλων. Υποστήριξε το μακροσκοπικό χαρακτήρα της θερμοδυναμικής που θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση για τις επιστήμες της φυσικής και της χημείας.

