

कायनेटिक थिअरी आणि थर्मोडायनामिक्सवरील व्याख्यानांच्या मालिकेच्या पाचव्या व्याख्यानात आपले स्वागत आहे, या व्याख्यानाचा तास अनिवार्यपणे थर्मोडायनामिक्सच्या मूलभूत गोष्टींचे वर्णन करण्यासाठी खर्च केला जाईल परंतु आमचा नियमित सराव म्हणून मी वायूच्या गतिज सिद्धांताचे थोडेसे पुनः वर्णन करणार आहे. शेवटच्या लेखामध्ये मी थर्मोडायनामिक्सकडे जाण्यापूर्वी मी मध्यम मुक्त मार्ग आणि आदर्श नसलेला वायू या दोन्ही गोष्टींबद्दल बोललो होतो, म्हणून आम्ही मध्यम मुक्त मार्गाची गणना केली की हे प्रमाण काय आहे हे प्रमाण रेणूने अंतर पार केले आहे. दोन लागोपाठच्या टक्करांमुळे आपण गतिज सिद्धांताबद्दल बोलत आहोत, मला तुम्हाला हे स्मरण करून देण्याची गरज नाही की हे सरासरी अंतर आहे आणि हे प्रमाण प्रत्यक्षात सरासरी वेग आणि दोन लागोपाठच्या टक्करांमधील वेळेनुसार दिलेले आहे ज्याची आम्ही गणना केली आहे आणि यामुळे मला मध्यम मुक्त मार्ग मिळतो. एक बाय $n \pi d$ चौरस जेथे d हा रेणूचा व्यास आहे आणि n ही संख्या घनता आहे आता येथे आपण असे गृहीत धरू की रेणू हे d सह कळप गोलाकार आहेत d मग आपण काय केले आपण एक सिलेंडर बांधला ही उंची आहे आणि हे क्षेत्र πd चौरस आहे आणि आण्विक व्यास हा d आहे आणि ही त्रिज्या ठीक आहे t आता आपण हे चित्र काढू हे सिलेंडरचे शीर्ष दृश्य आहे जर तुम्हाला आवडत असेल तर ही आण्विक त्रिज्या d बाय 2 आहे आणि ही मी तयार केलेल्या सिलेंडरची त्रिज्या d आहे, म्हणून जेव्हा जेव्हा इतर कोणतेही रेणू असतात तेव्हा मी तुम्हाला आठवण करून देतो की इतर रेणू सुरुवातीला स्थिर असतात असे मी गृहीत धरले होते जेव्हा जेव्हा इतर कोणत्याही स्थिरतेचे केंद्र असते रेणू येथे येतो या सिलेंडरमध्ये घुसण्याचा प्रयत्न करतो तिथे टक्कर होते म्हणून जेव्हा जेव्हा इतर कोणताही स्थिर रेणू या रेषेवर केंद्रीत असतो किंवा मोठ्या सिलेंडरच्या आत असतो तेव्हा टक्कर होते याचा वापर करून आपण डेल्टामध्ये एकूण टक्करांची संख्या मोजू शकतो. t एकूण टक्करांची संख्या आम्हाला आढळून आली की तो $n \pi d$ चौरस डेल्टा आहे t ही डेल्टा t कालावधीतील टक्करांची एकूण संख्या आहे त्यावरून दोन लागोपाठच्या टक्करांमधील वेळ किती आहे हे सहज शोधता येते आयन आणि म्हणून क्षुद्र मुक्त मार्ग ज्यामध्ये हा फॉर्म एक बाय $n \pi d$ चौरस आहे म्हणून हे महत्वाचे आहे की रेणूचा आकार मर्यादित आहे आणि या मध्यम मुक्त मार्गाची गणना करताना ते विचारात घेतले जाते आता हे लक्ष्य रेणू येथे बरेच प्रश्न असू शकतात जे मी शेवटच्या लेखामध्ये नमूद केले होते की ती टक्कर सहन करते जरी ती विचलित झाली असली तरी ती विचलित केली पाहिजे कारण ती टक्कर आहे जर त्यात टक्कर असेल तर मी एका दंडगोलाकार भूमितीबद्दल बोलू शकतो ज्याचा मी येथे उल्लेख करीत आहे हे खरंच खरं नाही. विक्षेपित आहे परंतु स्थानिक पातळीवर मी असे गृहीत धरू शकतो की अजूनही एक दंडगोलाकार भूमिती आहे आणि कोणत्याही स्थिर रेणूचे केंद्र मोठ्या सिलेंडरमध्ये असेल तर त्याला टक्कर होईल म्हणून सरासरी मी असे गृहीत धरू शकतो की क्षेत्र πd ची बेलनाकार भूमिती आहे. चौरस आणि उंची v डेल्टा t त्यामुळे हे मला अर्थ मुक्त मार्गासाठी अभिव्यक्ती देते तेथे एक अतिरिक्त अंदाज आहे की अंदाजे इतर रेणू स्थिर आहेत जे असे कधीच नाही की एखाद्याने v सरासरी घेऊ नये, उलट विचाराधीन दोन रेणूंमधील सापेक्ष वेग विचारात घ्यावा त्यामुळे मला खालील मुद्द्यावर जोर द्यायचा होता की आम्ही असे गृहीत धरत आहोत की सरासरी एक दंडगोलाकार भूमिती आहे जरी माझ्या लक्ष्य रेणूला आता अनेक टक्कर होत असतील तर आम्ही आदर्श नसलेल्या वायूवर गेलो नॉन आदर्श वायू म्हणजे व्हॅन डर वाल गॅस. व्हॅन डर वाल गॅससाठी व्हॅन डर वाल वायूच्या एका तीळासाठी अवस्थेचे समीकरण याप्रमाणे दिलेले आहे ठीक आहे, म्हणून हे खूप महत्वाचे आहे की दोन दुरुस्त्या आहेत हे लक्षात घ्या की एक दुरुस्त्या v वर्गाने दुसरी सुधारणा आहे b ठीक आहे प्रथम सुधारणा म्हणून मी तुम्हाला सांगितले की दाबाची सुधारणा आहे आणि या फेलो a बाय व्ही स्केअरमध्ये दाबाचे परिमाण असणे आवश्यक आहे ही सुधारणा कोठून आली आहे मी तुम्हाला सांगितले की मी असे गृहीत धरत आहे की रेणू पूर्णपणे परस्परसंवादी नसलेले आहेत लक्षात ठेवा रेणूंमध्ये एक कमकुवत आकर्षक परस्परसंवाद आहे या a बाय व्ही स्केअरने कॅप्चर केले आहे की प्रत्यक्षात या आकर्षक परस्परसंवादाची सरासरी आहे मी असे सांगून अधिक विशिष्ट उदाहरण दिले की जर रेणू भिंतीवर आदळला तर हा रेणू भिंतीवर खेचला जाईल कंटेनरच्या आत असलेल्या इतर सर्व रेणूंचे आकर्षक बल आणि कोणत्याही क्षणी भिंतीवर असलेल्या रेणूंची संख्या n च्या प्रमाणात असेल v त्याचप्रमाणे कंटेनरच्या आत असलेल्या रेणूंची संख्या देखील n च्या प्रमाणात असेल v म्हणून दाबाची सरासरी सुधारणा v वर्गाने स्थिर स्वरूपाची असेल त्यामुळे ही सुधारणा परस्परसंवादाच्या आकर्षक स्वरूपामुळे उद्भवते जी अत्यंत कमकुवत असते आणि जेव्हा रेणू कंटेनरच्या आत असतो तेव्हा मी असा निष्कर्ष काढू शकतो की सरासरी हे शून्य असते परंतु जेव्हा ते असते तेव्हा भिंतीमध्ये एक आकर्षक शक्ती असेल जी प्रभावीपणे दाब दुरुस्त करते आता दुसरी सुधारणा होती b का बनते कारण रेणू जसे माझ्याकडे देखील होते. क्षुद्र मुक्त मार्गाच्या बाबतीत असे मानले जाते की रेणू मर्यादित आकाराचे असतात, आम्ही असे गृहीत धरले की ते प्रत्यक्षात d व्यासाचे गोलाकार ऐकले आहेत त्या बाबतीत मी स्पष्टपणे काही अभूतपूर्व युक्तिवादांसह गणना केली की b हे कंटेनरमधील रेणूंच्या 4 पट संख्येच्या प्रमाणात असावे आणि नंतर एका विशिष्ट रेणूचे आकारमान जे मी मोजले आहे ते मी गोलाकार रेणू गृहीत धरून दाखवले आहे ही अभिव्यक्ती चार तृतीय πd बाय दोन q आहे ही रेणूची मात्रा आहे ठीक आहे म्हणून b रेणूच्या आकारमानाच्या प्रमाणात आहे b आपल्यासाठी काय दर्शवते b आम्हाला सांगते जर मी एक रेणू घेतला तर संपूर्ण व्हॉल्यूम त्यात प्रवेश करण्यायोग्य नाही प्रत्येक रेणूमध्ये एक खंड असतो जो वगळला जातो मी असे म्हणतो जर हा एक रेणू असेल आणि दोन रेणू घेतले तर मी एक गोलाकार केंद्रित गोलाकार आकारमान गृहीत धरू शकतो ज्याची त्रिज्या d आहे जी वगळली आहे इतर रेणू ठीक आहे म्हणून वगळलेले खंड सुधारणा या पॅरामीटर b मध्ये अंतर्भूत केले आहे आणि माझ्याकडे माझ्या स्थितीचे व्हॅन डर वाल समीकरण आहे जे p अधिक a बाय v चौरस सुधारणेमुळे दबाव आहे सरासरी आकर्षक परस्परसंवाद b व्हॉल्यूममध्ये सुधारणा कारण संपूर्ण व्हॉल्यूम रेणूसाठी प्रवेशयोग्य नाही प्रत्येक रेणूचा आकार मर्यादित असतो म्हणून माझ्या विचारात असलेल्या कोणत्याही रेणूसाठी परिमाणाची मर्यादित रक्कम वगळली जाईल आणि नंतर हा b नैसर्गिकरित्या संख्येच्या प्रमाणात असेल माझ्याकडे असलेल्या प्रत्येक रेणूच्या कंटेनर आणि व्हॉल्यूममध्ये असलेले रेणू ठीक आहे जे a आणि b च्या उत्पत्तीचे स्पष्टीकरण देतात आता जर एखाद्याला n moles आदर्श वायूचे सामान्यीकरण करायचे असेल तर आम्हाला माहित आहे की $p v$ हे $n r t$ च्या समान आहे म्हणून व्हॅन डरच्या बाबतीत त्याचे स्वरूप काय असावे $w a a l s$ gas किंवा $r e a l$ gas आपण गृहीत धरू n moles साठी n moles ok n moles साठी तुम्हाला माहिती आहे की व्हॉल्यूममध्ये सुधारणा अधिक असेल कारण माझ्याकडे आता त्याच व्हॉल्यूममध्ये अधिक रेणू आहेत त्यामुळे माझे वगळलेले व्हॉल्यूम n पट जास्त वगळलेले व्हॉल्यूम n पट जास्त असेल तेच v वजा $n b$ प्रतिबिंबित होते आणि नंतर येथे देखील घनता n च्या घटकाने कमी होते त्यामुळे त्याची n आणि v n द्वारे n मध्ये येते त्यामुळे तुम्हाला येथे एक चौरस पद येणार आहे म्हणून तुमचे व्हॅन डर वाल समीकरण मी ते पुन्हा लिहितो आता होईल v उणे $n b$ हे $n r t$ च्या बरोबरीचे असेल तर मर्यादा a θ वर जाईल याचा अर्थ जेव्हा तुम्ही दुर्लक्ष करता तेव्हा तुम्हाला परस्परसंवादाकडे पूर्णपणे दुर्लक्ष करण्याची परवानगी असते तेव्हा ही आकर्षक शक्ती a शून्य असते जेव्हा तुम्ही बिंदूच्या कणाचे स्वरूप गृहीत धरू शकता गॅस रेणू नंतर तुम्ही b कडे दुर्लक्ष करू शकता आणि जेव्हा तुम्ही a हे शून्य बरोबर b बरोबर सेट करता तेव्हा तुम्ही तुमचे आदर्श वायू समीकरण परत मिळवता ठीक आहे परंतु या दोन दुरुस्त्या अगदी अतुलनीय सुधारणा आहेत आणि हे आम्हाला फेज संक्रमण स्पष्ट करण्यास अनुमती देतात उदाहरणार्थ द्रव वायू फेज ट्रांझिशन ज्याबद्दल आपण अनेकदा बोलतो आणि ज्याचा सामना आपण आपल्या वास्तविक जीवनात करतो ठीक आहे, म्हणून मी म्हंटले की मला राज्याचे व्हॅन डर वाल समीकरण आणि फेज ट्रांझिशन लिक्विड गॅस फेज ट्रांझिशन बरोबर आहे, म्हणून मी समथर्म वॉटर आयसोथर्म काढले मी तापमान ठीक करतो ठीक आहे मी आवाजाचे कार्य म्हणून तापमान प्लॉट प्रेशर निश्चित करतो आणि मी दावा केला आहे की हे वक्र आहेत मला येथे काहीतरी लक्षात घ्यायचे आहे ज्याचा उल्लेख मी जाणूनबुजून शेवटच्या व्याख्यानात केला नाही तर $o u$ खरंच प्लॉट व्हॅन डर वाल समीकरणे गणितीयदृष्ट्या तुम्ही ते तुमच्या संगणकावर वापरू शकता, तुम्हाला दिसेल की वक्र खरोखर तसे नसतात सामान्यतः एक समथर्म हे असे दिसेल जे जास्त स्पष्टीकरणाशिवाय ठीक आहे जे तुमच्या अभ्यासक्रमाच्या पलीकडे आहे मी म्हणून की मॅक्सवेल नावाचे काहीतरी आहे बांधकाम जे हा फॉर्म देते जे मी काढले आहे आणि हा फॉर्म प्रायोगिकरित्या सत्यापित केला

आहे जे मी सांगितले ते येथे भिन्न तापमान आहेत t एक t दोन t_c आपण म्हणू या आणि हे टर्म t 3 आहे जे t_c पेक्षा जास्त आहे तापमान वाढत आहे म्हणून t 2 मोठे आहे t पेक्षा $1 t_c$ t 2 पेक्षा जास्त आहे आणि त्यामुळे पुढे एक द्रव टप्पा आहे जो उच्च दाब कमी आवाज आहे एक वायू टप्पा आहे जो उच्च आवाज कमी दाब आहे म्हणून मी तापमान बदलून किंवा तापमान बदलून एका टप्प्यातून दुसऱ्या टप्प्यात जाऊ शकतो दबाव बदलत आहे पण एक फरक आहे हे तापमान t_c आहे आणि मी येथे एक ठिपके रेखा काढली आहे मी म्हटले आहे की हा प्रदेश वास्तविक सहअस्तित्वाचा प्रदेश आहे ज्यामध्ये द्रव आणि वायू एकत्र असणे आवश्यक आहे स्वतःला दुरुस्त करा द्रव आणि बाष्प एकत्र असणे हे महत्त्वाचे का आहे कारण मी तुम्हाला या गंभीर तापमान t_c च्या खाली असलेला वायू म्हणजे बाष्प वाष्प ही व्याख्या दिली आहे कारण मी वर वारंवार उल्लेख केला आहे की गंभीर तापमान t_c जे हे t तीन आहे लक्षात ठेवा मी समतापिक p एक कार्य म्हणून प्लॉट करत आहे. v ची भिन्न तापमानासाठी म्हणून जर मी समस्थानिक तापमान t 3 वर पाहिले जे t_c पेक्षा जास्त आहे कोणत्याही दाबाने वायूचे द्रवीकरण करू शकत नाही तो नेहमी वायू स्थितीत असतो म्हणून दाब लागू करून वायूचे द्रवीकरण शक्य नाही तर मी अशा तापमानात आहे जे गंभीर तापमानापेक्षा जास्त आहे म्हणून व्हॅन डेर वाल समीकरण दोन साध्या दुरुस्त्या आम्ही दोन सोप्या दुरुस्त्या केल्या आहेत एक आकर्षक परस्पर क्रियांच्या वस्तुस्थितीमुळे येणारा दबाव मर्यादित आकार आणखी एक सुधारणा देतो जी व्हॉल्यूममध्ये सुधारणा आहे अतिशय विलक्षणदृष्ट्या मी मूळ स्पष्ट केले या दोन दुरुस्त्यांपैकी या सुधारणा संज्ञांचा भौतिकशास्त्रावर तीव्र प्रभाव आहे ज्याचा मी अभ्यास करत आहे ते द्रव वायू संक्रमणाचे स्पष्टीकरण देते. खडबडीत सहअस्तित्व प्रदेश ठीक आहे t_c खाली एक सहअस्तित्व प्रदेश आहे मी दाब बदलतो मी द्रव अवस्थेतून वायू टप्प्यात जातो किंवा बाष्प टप्प्यात सहअस्तित्वाच्या प्रदेशातून जातो ज्यामध्ये द्रव आणि बाष्प एकत्र राहतात आणि गंभीर तापमानापेक्षा जास्त दाब द्रवीकरण करू शकत नाही गॅस ठीक आहे, जर तुम्हाला आवडत असेल तर एपी विरुद्ध टी आकृती काढता येईल आणि व्हॉल्यूम स्थिर ठेवता येईल, तुम्ही या गंभीर तापमानाला संपणाऱ्या या सहअस्तित्वाच्या रेषेवर ते सहअस्तित्वात असल्याचे पाहू शकता ठीक आहे, हे देखील मी स्पष्ट केले आहे

त्यामुळे फेज संक्रमण केवळ परस्परसंवादाद्वारे येऊ शकते आणि व्हॅन डेर वाल समीकरण शक्य तितके सोपे आहे. आदर्श वायू समीकरणातील सुधारणा आपल्याला फेज ट्रांझिशन देते जे खूप महत्त्वाचे आहे जे मी गेल्या लेखमध्ये जे काही बोललो ते पुन्हा सांगितल्यानंतर मी आता थर्मोडायनामिक्स आणि थर्मोडायनामिक्सच्या मूलभूत गोष्टींचे वर्णन करण्यासाठी पुढे जात आहे, गती सिद्धांत आणि थर्मोडायनामिक्समध्ये मूलभूत फरक आहे ज्याचे मी स्पष्टीकरण दिले आहे. थर्मोडायनामिक्सचे पहिले व्याख्यान हे मॅक्रोस्कोपिक पद्धतीने मॅटर मॅटरचे गुणधर्म समजून घेतले जाते. ऑस्कोपिक दृष्टीकोन म्हणजे आम्हाला काय म्हणायचे आहे की आण्विक स्तरावर काय घडत आहे याची मला पूर्वा नाही मला वेग वितरण किंवा वेग वितरण किंवा सरासरी वेग याची काळजी नाही मी फक्त प्रायोगिक मोजण्यायोग्य प्रमाण पाहून ठीक आहे प्रेशर व्हॉल्यूम तापमान जे मी प्रायोगिकरित्या मोजतो म्हणून ते खरखरीत धान्याचे वर्णन आहे ज्याचा मी उल्लेख केला आहे याचा अर्थ मी मॅक्रोस्कोपिकली मोजता येण्याजोग्या वस्तू पहात आहे जसे की प्रेशर व्हॉल्यूम तापमान कायनेटिक थिअरीमध्ये लक्षात ठेवा आम्ही सरासरी वेग सरासरी वेगाबद्दल बोलत आहोत परंतु शेवटी सर्वकाही होते. प्रेशर व्हॉल्यूम आणि तापमानाशी जोडलेले असल्यामुळे गतिज सिद्धांताची तापमानाची स्वतःची व्याख्या होती जी रेणूंच्या सरासरी गतीज उर्जेच्या संदर्भात दिली जाते त्याचप्रमाणे थर्मोडायनामिक्सची तापमानाची स्वतःची व्याख्या असेल परंतु ती पुन्हा निरपेक्ष किंवा केल्विनमध्ये प्रायोगिकपणे निरीक्षण केलेल्या तापमानाशी जोडली जाईल. स्केल जे मी या संचाच्या अगदी सुरुवातीला ओ f व्याख्याने म्हणून त्याचे खरखरीत वर्णन आण्विक स्तरावर प्रणालीची तपासणी करत नाही, आण्विक स्तरावर काय घडत आहे याची आम्हाला पूर्वा नाही आणि म्हणूनच मी याला मॅक्रोस्कोपिक दृष्टीकोन म्हणतो म्हणून मी याला थर्मोडायनामिक व्हेरिबल्स म्हणून मेकॅनिक्समधील स्वातंत्र्य तुम्ही स्वातंत्र्य स्थिती आणि क्षणाच्या अंश शिकता जेव्हा मी सम विभाजन प्रमेयावर चर्चा केली तेव्हा मी x आणि p दोन्ही उर्जेमध्ये अर्धा केटीचे योगदान देणाऱ्या थर्मोडायनामिक्समध्ये x नाही p नाही, मी ज्या स्वातंत्र्याबद्दल बोलणार आहे त्या सर्व अंश $p v$ आहेत. p आणि इतर प्रणाल्यांसाठी इतर प्रमाण आहेत पण आम्ही स्वतःला $p v$ आणि t ok वर मर्यादित ठेवू आता मूळ कल्पना ही आहे की हा थर्मोडायनामिक दृष्टीकोन प्रणाली एक प्रणाली आणि उर्वरित विश्वाबद्दल बोलतो म्हणून माझ्याकडे एक प्रणाली असेल जी माझी प्रायोगिक प्रणाली आणि नंतर बाकीचे ब्रह्मांड जे सिस्टीमशी संवाद साधत आहे ठीक आहे हे अतिशय महत्त्वाचे विधान आहे

त्यामुळे माझ्याकडे एक सिस्टम असेल हे माझे s आहे आणि नंतर माझ्याकडे बाकीचे विश्व असेल जे मी करेन रेझॉल्व्हरला कॉल करा ठीक आहे म्हणून माझ्याकडे एक सिस्टम आणि एक रिझॉल्व्हर आहे आणि ते एका भिंतीने वेगळे केले आहेत ठीक आहे

त्यामुळे तुम्हाला फरक दिसतो मला माहित नाही की रेणू काय करत आहेत हे माहित नाही परंतु मला माहित आहे की तेथे एक प्रणाली आहे ज्याचे वर्णन प्रेशर व्हॉल्यूमद्वारे केले जाते आणि तापमान रासायनिक क्षमता असू शकते आपण त्यामध्ये जाऊ नये आणि हे विश्वाच्या इतर सर्व गोष्टींपासून वेगळे केले आहे जे काही विश्वात आहे आणि या भिंती थर्मोडायनामिक व्हेरिबल्स परिभाषित करण्यात खूप महत्त्वाची भूमिका बजावतात जे मी लवकरच येईल भिंती निश्चित करेल प्रणालीचा उर्वरित विश्वाशी कोणत्या प्रकारचा परस्परसंवाद असेल ज्याला मी नंतर फक्त विश्व म्हणून आणि मी थर्मोडायनामिक व्हेरिबल्सचा उल्लेख केल्यापासून सिस्टम आता ज्या समतोलपर्यंत पोहोचते आहे ते दोन प्रकारचे आहेत असे मला म्हणायचे आहे एक विस्तृत आहे दुसरा गहन आहे. विस्तृत आणि गहन थर्मोडायनामिक व्हेरिबल्सचा अर्थ काय आहे ते मी परिभाषित करतो $N v t$ p द्वारे वर्णन केलेली एक मोठी प्रणाली घेऊ आणि गोष्टी समतोल स्थितीत आहेत याचा अर्थ असा की काहीही नाही वेळेवर संपते म्हणून त्यांचे वेळेच्या मूल्यामध्ये स्थिर मूल्य स्थिर असते आता जर मी त्यास दोन उच्चांमध्ये विभाजित केले तर व्हॉल्यूम v द्वारे दोन v द्वारे दोन असेल ठीक आहे आता व्हॉल्यूम अर्धा झाला आहे जे कणांच्या संख्येचे होते ते मी गृहीत धरत आहे की सिस्टम दोनमध्ये विभागली आहे समतोल मध्ये समान अर्थ आहेत

त्यामुळे मी हा भाग करण्यापूर्वी जे काही समतोल होते ते समतोल राखले जाते

त्यामुळे जर येथे दबाव p असेल तर मला हे कंटेनरच्या भिंतीपैकी एक कंटेनर आहे हे पाहू द्या हा दाब समतोलासाठी p होता म्हणून दाब होईल जेव्हा मी दोन अर्धा भागांमध्ये विभागतो तेव्हा तेच राहते जर मला गोष्टी समतोल ठेवाव्या लागतील जे काही नाही वेळेवर अवलंबून नाही तापमान बदलू नये परंतु आपण पहाल की v दोन ने v ला जातो त्याचप्रमाणे n दोन ने जातो

त्यामुळे तुम्हाला दिसेल की तेथे काही परिमाण असे आहेत जे त्यांच्या सुरुवातीच्या मूल्याच्या निम्मे बनतात काही परिमाण असे आहेत जे प्रणालीच्या या विभागणीमुळे अजिबात प्रभावित होत नाहीत किंवा प्रभावित होत नाहीत दोन अर्धा ओके प्रमाण जे सिस्टम आकाराचे सूचक आहेत याचा अर्थ माझ्याकडे जर प्रणाली असेल तर ती अर्धवट झाली तर ती त्यांच्या सुरुवातीच्या मूल्याच्या निम्म्या बनतात याला विस्तृत प्रमाण म्हणतात उदाहरणार्थ कणांची मात्रा संख्या आणि एक परिमाण ज्याला मी लवकरच परिभाषित करणार आहे त्याला अंतर्गत उर्जा म्हणतात हे विस्तृत प्रमाण आहे. उदाहरण जर मी बाह्य ऊर्जेची व्याख्या केली तर ते व्हॉल्यूमचे कार्य आहे माफ करा ही आंतरिक ऊर्जा आहे जी अंतर्गत ऊर्जा आहे जी व्हॉल्यूमचे कार्य आहे जर मी व्हॉल्यूम x तीन पटीने जास्त वाढवला तर व्हॉल्यूम x व्हॉल्यूम x वर जातो म्हणू कोणतीही संख्या असू शकते ती दोन तीन अर्धी असू शकते सध्याच्या उदाहरणात अंतर्गत ऊर्जा प्रत्यक्षात दर्शविले की x u वर जाते हे विस्तृत प्रमाण आहेत समतोल राखण्यासाठी तुम्ही खंडांची संख्या x पट प्रारंभिक मूल्याच्या कणांच्या अंतर्गत उर्जा संख्येच्या x पट ते सर्व x पट अंतर्गत जातात उर्जा u $x u$ कडे जाते मला अधिक अचूक सांगू द्या मी म्हणत आहे की समतोल राखण्यासाठी प्रणालीचा आवाज वाढवा हा विचार करण्याचा सर्वात सोपा मार्ग आहे की मी मोठ्या व्हॉल्यूमचा विचार करत आहे जर मी या उदाहरणात दाखविल्याप्रमाणे हीच प्रणाली ठीक आहे, यापुढे जेव्हा जेव्हा मी विस्ताराच्या संदर्भात समतोल राखण्यासाठी आवाज वाढवतो असे म्हणतो, म्हणजे मी त्याच सिस्टमच्या मोठ्या व्हॉल्यूमचा विचार करत आहे, प्रश्न हा आहे की इतर कोणत्या प्रकारच्या व्हेरिबल्ससाठी हे गहन आहेत ? उदाहरण दाबाचे तापमान x च्या घटकाने गुणाकार केल्यामुळे त्यांच्यात कोणताही बदल होत नाही म्हणून या सधन परिमाण आहेत

त्यामुळे गहन परिमाण प्रणालीच्या आकारास पूर्णपणे असंवेदनशील असतात तर विस्तृत प्रमाण हे समतोल राखत असलेल्या प्रणालीच्या आकाराचे सूचक

असतात. प्रणाली दुप्पट करा या सर्व विस्तृत प्रमाण दुप्पट होतील परंतु एक मनोरंजक गोष्ट आहे घनता घनता घनता म्हणजे n द्वारे v ठीक आहे जर व्हॉल्यूम कणांच्या xv संख्येवर गेला तर ते देखील एक विस्तृत प्रमाण xn वर जाईल म्हणून x आपल्याबरोबर x रद्द होईल पहा घनता सारखीच राहते म्हणून घनता ही एक सघन परिमाण आहे जेव्हा मी हे गुणोत्तर घेतो तेव्हा दोन विस्तृत प्रमाणांच्या कोणत्याही गुणोत्तरासाठी सत्य असते दोन विस्तृत व्हेरिएबल्स जे सघन प्रमाण बनतात ठीक आहे म्हणून हे तुम्हाला सांगणे महत्वाचे आहे की थर्मोडायनामिक व्हेरिएबल्स ते संपूर्ण थर्मोडायनामिक्सचे वर्णन करतात आणि ते दोन प्रकारचे आहेत एक गहन आणि दुसरे विस्तृत आहे हे म्हटल्यावर मी तुम्हाला सांगितलेल्या भिंतींवर जाऊ द्या एक थर्मोडायनामिक प्रणाली आणि ही थर्मोडायनामिक प्रणाली उर्वरित विश्वापासून किंवा फक्त विश्वापासून विभक्त केली जाईल आणि मी म्हणून आणि ही माझी एक भिंतीने विभक्त केलेली प्रणाली आहे ठीक आहे, या भिंती या प्रणाली आणि विश्वामध्ये प्रथम कोणत्या प्रकारचा परस्परसंवाद अस्तित्वात आहे हे ठरवेल. अँडियाबॅटिक जग म्हणजे अँडियाबॅटिक वॉल म्हणजे काय, चला या अँडिबॅटिक भिंतीकडे येऊया म्हणजे ही भिंत पूर्णपणे नॉन-कंडक्टिंग आहे त्यामुळे सिस्टीम बाकीच्या विश्वापासून इन्सुलेटेड आहे सिस्टीम उर्वरित विश्वापासून इन्सुलेटेड आहे याचा अर्थ असा आहे की तिथे काहीही नाही उष्णता विनिमय येथे उष्णता विनिमय नाही याला **adiabatic** भिंत म्हणतात ठीक आहे हे खूप महत्वाचे आहे उष्णता विनिमय नाही मग ही प्रणाली t शी संवाद कसा साधू शकते हे ब्रह्मांड हे विश्वाशी संवाद साधू शकते फक्त यांत्रिक परस्परसंवादाने मी ही भिंत हलवू शकते जर मी ही भिंत हलवली तर सिस्टमला काही ऊर्जा पुरवली जाते मी सिस्टमवर काही काम करत आहे ठीक आहे ते इतरांशी कसे संवाद साधू शकते ब्रह्मांड ठीक आहे, मग एक डायथर्मिक भिंत आहे डायथर्मिक भिंत मी ज्याची व्याख्या केली आहे त्याच्या अगदी विरुद्ध आहे डायथर्मिक भिंत एक **adiabatic** भिंत डायथर्मिक भिंत दुसरीकडे उष्णता एक्सचेंजला परवानगी देते हे खूप महत्वाचे आहे एक भिंत कोणत्याही उष्णता विनिमय प्रणालीला परवानगी देत नाही ती पूर्णपणे इन्सुलेटेड आहे **adiabatic** भिंत प्रणाली उर्वरित विश्वापासून पूर्णपणे पृथक् आहे ठीक आहे डायथर्मिक सर्व दुसरीकडे ते उष्णता एक्सचेंजसाठी परवानगी देते ठीक आहे

त्यामुळे **adiabatic** जगाच्या बाबतीत यांत्रिक परस्परसंवाद आहे जे शक्य आहे आणि नंतर डायथर्मिक भिंतीमध्ये एक थर्मल आहे परस्परसंवाद शक्य आहे याचा अर्थ उष्णता विनिमय देखील आहे यांत्रिक परस्परसंवाद थांबला नाही म्हणून आम्ही सर्वसाधारणपणे एक भिंत ठेवू शकतो ज्यामध्ये तुमच्याकडे दोन्ही थर्मल आंतर असतील कृती आणि यांत्रिक परस्परसंवाद पण या दोन आदर्श परिस्थिती आहेत एकात उष्णतेची देवाणघेवाण शक्य नाही दुसऱ्या उष्णतेची देवाणघेवाण शक्य आहे शिवाय तो आमच्या अभ्यासक्रमाचा भाग नाही की सच्चिद्र भिंती असू शकतात ज्यामुळे कणांची देवाणघेवाण होऊ शकते. कणांच्या देवाणघेवाणीला अनुमती देऊ शकते आणि नंतर अशा परिस्थितीत पोहोचू शकते जेव्हा प्रणाली आणि विश्वाची रासायनिक क्षमता समान होते आणि नंतर एक समान समतोल आहे ठीक आहे परंतु मी या रासायनिक परस्परसंवादाबद्दल काहीही चर्चा करणार नाही आम्ही स्वतःला **adiabatic** भिंती आणि डायथर्मिक भिंतींपुरते मर्यादित ठेवू ठीक आहे आणि थर्मल परस्परसंवादाबद्दल बोला म्हणजे उष्णता विनिमय आणि यांत्रिक परस्परसंवाद म्हणजे मी कंटेनरची ही भिंत हलवत आहे ठीक आहे तर आपण पुढे जाऊ या समतोल काय आहे ठीक आहे मी तुम्हाला सांगितले आहे की भिंती आणि भिंती माझ्या परस्परसंवाद देतात आता प्रश्न असा आहे की समतोल म्हणजे काय? समतोल मी गतिमान सिद्धांत व्याख्यानाच्या सुरुवातीला परिभाषित केले होते की जीवनावर काहीही अवलंबून नसते मी दाब मोजतो वेळी t बरोबर $t + \theta$ जर ते p असेल आणि नंतर मी t वर मोजतो ते दोन t शून्य इतके असेल तरीही दबाव p असेल तो वेळेवर अवलंबून नाही ठीक समतोल ही एक आदर्श संकल्पना आहे परंतु आपण नेहमी गृहीत धरू की प्रणाली आहे समतोल स्थितीत आणि वेळेवर काहीही अवलंबून नसते म्हणून मी थर्मोडायनामिक व्हेरिएबल्सचे समतोल स्थिर मूल्य परिभाषित करतो ते वेळेनुसार बदलत नाहीत, मी तुम्हाला थर्मल परस्परसंवाद सांगितले तेव्हा मला एक समतोल समजतो ज्याला थर्मल इक्विलिब्रियम म्हणतात थर्मल समतोल काय आहे हे आम्हाला आधीच माहित आहे तापमान नावाचे एक प्रमाण आहे म्हणून माझ्याकडे एक प्रणाली आहे आणि बाकीचे विश्व ते उष्णतेची देवाणघेवाण करू शकतात जर ती डायथर्मिक भिंत असेल तर ठीक आहे आणि जेव्हा ते समतोल गाठतात तेव्हा आम्हाला तापमानाची मूलभूत कल्पना माहित असते प्रणालीचे हे तापमान समतोलतेमध्ये सांगते उर्वरित विश्वाच्या तपमानाच्या बरोबरीचे असले पाहिजे म्हणून t_s समान आहे तु ठीक आहे तेथे उष्णता विनिमय नाही तेथे ऊर्जा विनिमय समतोल पोहोचला नाही आणि राखीव तार खूप द्वि आहे g मी म्हणू शकतो की मी तुमच्यासाठी राखीव तार हा शब्द देतो ही एक खूप मोठी गोष्ट आहे बाकीचे विश्व ठीक आहे आणि मी म्हणू शकतो की त्यात अमर्याद उष्णता क्षमता आहे ही देखील एक आदर्श संकल्पना आहे परंतु खूप उपयुक्त असीम उष्णता क्षमता असीम उष्णता क्षमता असल्यास त्याचे तापमान बदलत नाही म्हणून ब्रह्मांड आणि प्रणाली यांच्यात उष्णतेची देवाणघेवाण होते जेव्हा समतोल गाठला जातो तेव्हा प्रणालीचे तापमान जलाशयाच्या तापमानाच्या समान असते जे समतोल तापमान असते त्यामुळे ते थर्मल समतोल असते

त्यामुळे थर्मल समतोल म्हणजे तापमान समान असते सिस्टीम आणि वायर यांच्यामध्ये आणखी उष्णतेची देवाणघेवाण नाही काय आहे मग आपण यांत्रिक किंवा अँडिबॅटिक परिस्थिती म्हणू या यांत्रिक समतोलामध्ये काय होईल ते मी नंतर अधिक तपशीलांमध्ये दर्शविन की दाब ठीक आहे दाब मी हे हलवू शकतो कंटेनरच्या भिंतीवर प्रणालीचा दबाव आहे तेथे विश्वाचा दबाव आहे मी या कंटेनरला अशा प्रकारे हलवू शकतो की समतोल पीएस समान आहे ब्रह्मांडाचे 1 ते p समान असावे म्हणून दबाव समान असावा लक्षात ठेवा मी नेहमी काही गहन चलांचे समीकरण करतो एका केसमध्ये थर्मल परस्परसंवाद ते तापमान होते इतर बाबतीत यांत्रिक परस्परसंवाद हा दाब असतो जो समान होतो आणि मी म्हणतो की यांत्रिक समतोल आहे जर तुम्हाला आवडत असेल तर ठीक आहे, परंतु बहुतेक प्रकरणांमध्ये मी यांत्रिक आणि थर्मल दोन्हीबद्दल बोलत आहे याचा अर्थ मी उष्णता विनिमय तसेच यांत्रिक परस्परसंवादांना परवानगी देईन आणि नंतर सिस्टम समतोल गाठेल आणि मी त्या प्रणालीचे थर्मोडायनामिक्स करेन जी आता समतोल आहे. म्हणून मी काय म्हंटले ते मी सारांशित करतो की भिंती आहेत भिंती या प्रणालीला विश्वापासून वेगळे करत आहेत भिंती डायथर्मिक किंवा अँडियाबॅटिक परिस्थितीमध्ये डायथर्मिक असू शकतात डायथर्मिक परिस्थिती नाही उष्णता विनिमय डायथर्मिक परिस्थिती आहे उष्णता विनिमय आहे एकदा ठरवले की मला कोणत्या प्रकारचा समतोल असेल उदाहरणार्थ मी उष्णतेच्या देवाणघेवाणीला परवानगी दिली तर जेव्हा विश्वाचे तापमान तापमानाच्या बरोबरीचे असेल तेव्हा समतोल पोहोचेल समतोल स्थिती असलेल्या सिस्टीममध्ये पुढील उष्णतेची देवाणघेवाण होत नाही आणि मी समतोल गाठलेल्या सिस्टीमवर काम करू शकतो त्याचप्रमाणे एखाद्या यांत्रिक समतोलाबद्दल बोलू शकतो ज्यामध्ये कंटेनरची भिंत जंगम असते मी ती अशा प्रकारे हलवतो. ज्या प्रकारे दबाव संतुलित आहे तो दबाव प्रणाली आणि विश्वामध्ये समान आहे जो यांत्रिक समतोल आहे आणि मी यांत्रिक थर्मल समतोल गाठलेल्या परिस्थितीबद्दल बोलणार आहे, काहीही वेळेवर अवलंबून नाही आणि नंतर मी त्या विशिष्ट प्रणालीचे थर्मोडायनामिक्स करेन ठीक आहे. या सर्व भिंती म्हटल्यावर मी तुमच्यासाठी मेकॅनिकल इंटरअॅक्शन हीट एक्सचेंज स्थापित करेन त्याऐवजी मी थर्मोडायनामिक्सचा पहिला नियम मांडेन आणि मी म्हटल्याप्रमाणे थर्मोडायनामिक्सचा पहिला नियम म्हणजे उर्जेचे संवर्धन दुसरे काही नाही, जर तुम्हाला हे आठवत असेल तर कदाचित मी माझ्या दुसऱ्या व्याख्यानात उल्लेख केला असेल. तर प्रथम मला एका कंटेनरचा विचार करू द्या ज्यामध्ये तुम्ही हे वायूचे रेणू गृहीत धरू शकता ज्याबद्दल मी गतिज सिद्धांतामध्ये बोलत आहे ते फिरत आहेत परंतु थर्मोडायनामिक्समध्ये मला त्यांचा वेग वितरण जाणून घ्यायचे नाही ठीक आहे आता म्हणूया की मी उष्णता डेल्टा q ची मात्रा पुरवतो किंवा मला हे नोटेशन डेल्टा q ok वापरू द्या, या प्रणालीला उष्णता डेल्टा क्यूपीचा पुरवठा केला तर काय होईल? या प्रणालीमध्ये ही ऊर्जा वाढते परंतु जर मी कोणत्याही यांत्रिक परस्परसंवादाला परवानगी दिली नाही तर मी आवाजात कोणताही बदल करू देत नाही, गॅस प्रणालीला या ऊर्जा पुरवठ्याचे काय होईल, काहीतरी वाढले पाहिजे जे माझे उर्जेचे संवर्धन मला सांगते ऊर्जा असू शकत नाही विसर्जित ठीक आहे त्यामुळे तुम्हाला हे लक्षात ठेवावे लागेल की यांत्रिक ऊर्जा आणि थर्मल एनर्जी व्यतिरिक्त काही अतिरिक्त आहे का मी बोलत आहे म्हणून प्रथम मी उष्णता पुरवून उष्णता पुरवठा करून ऊर्जा बदलू शकतो नंतर उष्णता विसरून जा जी मी तुम्हाला आधीच समजावून सांगितले आहे की ही भिंत हलवा. ही भिंत काही वेगाने हलवा u म्हणजे काय होईल हे हलवले आहे ठीक आहे आपण अंदाजे विचार करू शकता की येथे काही वेगासह रेणू भिंतीवर आदळत

आहेत परंतु गतिज सिद्धांताच्या विपरीत मी जिथे होतो ही भिंत एक स्थिर वस्तू आहे याचा बेरीज केल्यास हे रेणू त्याच वेगाने किंवा त्याच गतीने परत जाणार नाहीत कारण आता सापेक्ष वेग असलेली भिंतही ठीक आहे

त्यामुळे भिंत देखील हलवत असल्याने या भिंतीला आदळणारा रेणू वेगळ्या पद्धतीने परत जाईल. गती

त्यामुळे त्याची गतीज उर्जा बदलते ठीक आहे ही एक अतिशय अपूर्व कल्पना आहे परंतु मला एवढेच सांगायचे होते की हे यांत्रिक काम कंटेनरची भिंत हलवून मी प्रणालीची उर्जा बदलत आहे

त्यामुळे प्रणालीची उर्जा बदलली जाऊ शकते दोन मार्गांनी एक म्हणजे उष्णता पुरवून किंवा काढून मी प्रणालीतून उष्णता दूर करू शकतो किंवा मी प्रणालीला थोडी उष्णता पुरवू शकतो उर्जा वाढते आणि मग ऊर्जा हा यांत्रिक भाग जो मला सांगतो की मी भिंत हलवली तर ठीक आहे मी भिंत हलवली तर काय असे होईल की उर्जा बदललेली की मी अगदी अंदाजे म्हंटले आहे की जर रेणू सरासरी वेग v ने येत असतील तर ते त्याच सरासरी गतीने भिंतीवर आदळल्यानंतर परत जाणार नाहीत कारण बदल होईल s सहकारी भिंत स्वतः वेगाने फिरत आहे u

त्यामुळे ऊर्जेत बदल होतो

त्यामुळे ऊर्जेमध्ये बदल यांत्रिक कामामुळे देखील साध्य होऊ शकतो हे मी यांत्रिकीमध्ये शिकलो ठीक आहे मी काही काम करतो ठीक आहे त्यामुळे मला ऊर्जेत थोडा बदल होतो आता प्रश्न असा आहे की मी बदलत आहे प्रक्रिया कशी आहे मी कंटेनरची भिंत खूप वेगाने बदलत आहे ठीक आहे हे खरे नाही तुम्ही मी खरोखर करत नाही त्या सर्व प्रक्रिया मी उष्णतेच्या एक्सचेंजबद्दल बोलल्या आहेत ज्यामध्ये मी यांत्रिक परस्परसंवादाबद्दल बोललो आहे जे मी कंटेनरची भिंत बदलते कंटेनरची भिंत हलवते परंतु मी ते फार वेगाने करत नाही यामुळे अर्ध-स्थिर प्रक्रिया ही संकल्पना येते ठीक आहे अर्ध-स्थिर प्रक्रिया म्हणजे अर्ध-स्थिर प्रक्रिया म्हणजे ती अतिशय संथ प्रक्रिया कशी आहे स्लो इज फ्लो तुम्ही मला विचारू शकता की तुम्ही pV डायग्राम काढता या अर्थाने हे खूप मंद आहे तुमच्याकडे pV डायग्राम आहे ठीक आहे एपी दिलेला आहे तुम्ही मला नेहमी v_i चे मूल्य द्या p_i चे मूल्य निवडा लगेच व्हॉल्यूम v_{ok} चे व्हॉल्यूम व्हॅल्यू मिळवा आणि मी त्यांच्या समाधानाची अपेक्षा करतो y आदर्श गॅस pV चे समीकरण nT च्या बरोबरीचे आहे आणि मी म्हटले आहे की हे समीकरण केवळ समतोलामध्ये वैध आहे म्हणून अर्ध स्थिर प्रक्रिया ही एक प्रक्रिया आहे आपण समजून घेतले पाहिजे की ती अर्ध स्थिर आहे याचा अर्थ जवळजवळ स्थिर आहे मी पॅरामीटर्स बदलत आहे मग त्याची हालचाल असो भिंत किंवा उष्णतेचा पुरवठा अतिशय मंद गतीने होत आहे. इतर कोणत्याही वैशिष्ट्यांपेक्षा धीमा असीम बदल होतो. समस्येचे इतर वैशिष्ट्यपूर्ण टाइम स्केल जे खूप मंद आहे, महत्त्वाचे म्हणजे मी बदल करत आहे पण प्रत्येक क्षणी मी असे गृहीत धरू शकतो प्रणाली समतोल स्थितीत आहे म्हणून ही अर्ध-स्थिर प्रक्रिया आहे अर्ध-स्थिर प्रक्रिया म्हणजे ती अतिशय संथ प्रक्रिया आहे आणि प्रत्येक क्षणी मी असे गृहीत धरू शकतो की प्रणाली एका आदर्श वायूसाठी समतोल स्थितीत आहे मी pV लिहू शकतो nT ठीक आहे हे खूप महत्त्वाचे आहे कल्पनेवर परत येत राहतील,

त्यामुळे मी येथे जे काही बदल नमूद केले आहेत ते सर्व अर्ध-स्थिर बदल आहेत जे मी म्हणत आहे ते पूर्णपणे खंडित होतील जर मी खूप जलद प्रक्रिया केली तर ठीक आहे, मी केले तर काय होईल एक जलद प्रक्रिया ठीक आहे, अंतिम स्थिती गाठली जाईल, प्रणाली पुन्हा एकदा समतोल होण्याची मला प्रतीक्षा करावी लागेल जेव्हा सिस्टम पुन्हा एकदा समतोल होईल तेव्हा सर्व थर्मोडायनामिक व्हेरिएबल्स स्वतंत्र मूल्यापर्यंत पोहोचतात मी थर्मोडायनामिक्स करू शकतो पण दरम्यान काय होते ते मला माहित नाही पण काय फरक आहे प्रत्येक क्षणी pV आकृतीमध्ये मी असे गृहीत धरत आहे की प्रणाली समतोल आहे आणि मी pV म्हणजे nT बरोबर आहे असे लिहू शकतो म्हणून ही एक अतिशय महत्त्वाची कल्पना आहे वॉल्स समतोल आणि नेहमी समतोल ठेवण्यासाठी मला अर्ध-स्थिर प्रक्रियांची आवश्यकता असते यांत्रिक थर्मल कोणतीही प्रक्रिया असो. मी सर्व अर्ध-स्थिर प्रक्रियांबद्दल बोलत आहे ठीक आहे आता मी सांगितले आहे की दोन प्रकारच्या उर्जेबद्दल मी बोलणार आहे एक म्हणजे उष्णतेचे थर्मल एक्सचेंज एक्सचेंज मी डेल्टा म्हणून लिहिले आहे q मला यांत्रिक कार्य सांगू द्या आता हे डेल्टा ठीक आहे मग मी डेल्टा क्यू हे डेल्टा डब्ल्यू च्या बरोबरीचे आहे असे म्हणायचे आहे आणि ते माझे ऊर्जा संरक्षण आहे नाही मला त्रास होणार नाही कारण येथे मी फक्त उष्णतेची देवाणघेवाण करू देत आहे या प्रणालीवर कोणतेही काम केले जात नाही त्यामुळे उष्णता आवश्यक आहे उर्जेच्या इतर कोणत्याही स्वरूपाकडे जा बरं, हा मुद्दा येथे स्पष्ट झाला पाहिजे मी कोणत्याही कामाबद्दल बोलत नाही आहे जर काम नाही तर काम नाही यांत्रिक ऊर्जा आहे म्हणून उर्जेचे दुसरे काही प्रकार असले पाहिजेत ज्यामध्ये उष्णतेचे रूपांतर येथे होत आहे. जर मी कोणत्याही उष्णतेच्या देवाणघेवाणीला परवानगी दिली नाही तर काय होईल तेथे उर्जेचे दुसरे काही प्रकार असले पाहिजेत ज्यामध्ये ही यांत्रिक ऊर्जा जात आहे ठीक आहे येथे लक्षात ठेवा जर या प्रक्रियेत कोणतेही काम केले नाही तर मी उष्णता पुरवत आहे वायूची काही ऊर्जा वाढली पाहिजे आणि त्या ऊर्जेला आंतरिक उर्जा म्हणतात ठीक आहे ही एक अतिशय महत्त्वाची संकल्पना आहे की जर तुम्ही येथे कोणतेही काम केले नाही तर सिस्टमला कोणतेही काम करण्याची परवानगी नाही

त्यामुळे उष्णता उर्जा कुठे जाते उष्णता ऊर्जा ही तथाकथित अंतर्गत उर्जा वाढवण्यात जाते. सिस्टम येथे त्याचप्रमाणे जर तुम्ही कोणत्याही उष्णतेच्या देवाणघेवाणीला परवानगी दिली नाही तर तुम्ही सिस्टमवर करत असलेल्या यांत्रिक कार्यामुळे सिस्टमची अंतर्गत उर्जा वाढते म्हणून ही पहिली मूलभूत नोटेशन किंवा मूलभूत संकल्पना आहे जी मी आणली आहे. याला अंतर्गत ऊर्जेची संकल्पना म्हणतात त्यामुळे जेव्हा तुम्ही उर्जेच्या संवर्धनाविषयी बोलता तेव्हा तुम्ही उर्जेच्या संवर्धनाविषयी बोलता तेव्हा कृपया लक्षात ठेवा की ऊर्जेच्या संवर्धनामध्ये उष्णता उर्जा थर्मल एनर्जीचा समावेश होतो इथे यांत्रिक ऊर्जा किंवा केलेले काम आणि या सर्वासह अंतर्गत उर्जेतील बदल प्रस्तावना प्रणाली संसाधन वायर भिंती परस्परसंवाद अंतर्गत उर्जा अर्ध-स्थिर प्रक्रियांची ठीक कल्पना मी आता तुमच्यासमोर ठेवत आहे थर्मोडायनामिक्सचा पहिला नियम काय आहे हा थर्मोडायनामिक्सचा पहिला नियम आहे जो या स्लाइडवर लिहिलेला आहे, तुम्ही सिस्टमला डेल्टा क्यू उष्णता पुरवलेले पाहू शकता मी उष्णतेचा पुरवठा करत आहे जे डेल्टा q आहे आणि नंतर डेल्टा डब्ल्यू हे सिस्टमद्वारे केलेले कार्य आहे मागील उदाहरण पाहू मी येथे दोन टोकाची प्रकरणे घेतली मी म्हणालो उष्णता पुरवली नाही येथे काम नाही मी म्हणालो की मी सिस्टमवर काही यांत्रिक काम करत आहे नाही येथे कोणत्याही उष्णतेच्या देवाणघेवाणीला परवानगी देऊन मी दोन्ही करत आहे, म्हणूनच मागील स्लाइड सेटमध्ये मी म्हटले आहे की मी यांत्रिक आणि थर्मल परस्परसंवादांबद्दल बोलत आहे. आणि मग प्रणाली समतोलतेपर्यंत पोहोचते मी त्या विशिष्ट प्रणालीला सामोरे जाईन आणि उष्मा विनिमय किंवा यांत्रिक परस्परसंवाद अगदी अर्ध-स्थिर मार्गाने करेन जेणेकरून मी नेहमी असे गृहीत धरू शकतो की प्रणाली समतोल आहे म्हणून डेल्टा q ही प्रणालीला पुरवलेली उष्णता डेल्टा डब्ल्यू कार्य आहे प्रणालीद्वारे केले जाते आणि नंतर थर्मोडायनामिक्सच्या वयाचा पहिला नियम डेल्टा q हा डेल्टा w च्या बरोबरीचा आहे आणि हे नवीन प्रमाण ज्याला डेल्टा y म्हणतात ज्याला मी अंतर्गत उर्जेला कॉल करेन ठीक आहे म्हणून तुम्ही पाहू शकता की डेल्टा w हे मागील स्लाइडचे पहिले उदाहरण 0 आहे का Δq हा डेल्टा u आहे

त्यामुळे मी जी काही उष्णता दिली ती ही अंतर्गत उर्जा वाढवण्यात गेली ठीक आहे आणि मग मी काही काम केले पण ok परवानगी देत नाही तर कोणत्याही उष्णतेची देवाणघेवाण होऊ देऊ नका म्हणजे डेल्टा q शून्य आहे

त्यामुळे तुम्हाला Δu समान आहे वजा आहे डेल्टा डब्ल्यू ओके वजा डेल्टा डब्ल्यू आणि इथेच मला कन्व्हेन्शन फिक्स करायचं आहे ठीक आहे मी खालील प्रकारे कन्व्हेन्शन फिक्स करेन डेल्टा क्यू पॉझिटिव्ह जेव्हा सिस्टमला उष्णता पुरवली जाते तेव्हा अंतर्गत उर्जा वाढते डेल्टा डब्ल्यू हे सिस्टीमने केलेले सकारात्मक काम आहे ठीक आहे द मागील उदाहरण जर मी या प्रणालीवर काही काम ठीक करत असेल तर ते नकारात्मक असेल आणि अंतर्गत उर्जा वर जाते म्हणून मी प्रणालीने केलेल्या डेल्टा w प्रणालीला पुरवलेल्या थर्मोडायनामिक्सचा पहिला नियम डेल्टा q उष्णतेची पुनरावृत्ती करतो आणि नंतर मी पुन्हा लिहितो ते येथे लिहिलेल्या फॉर्ममध्ये डेल्टा q हे डेल्टा u अधिक डेल्टा w च्या बरोबरीचे आहे कन्व्हेन्शन म्हणजे डेल्टा q ही सिस्टीमला दिलेली सकारात्मक उष्णता सिस्टीममधून काढली जाते डेल्टा q नकारात्मक असेल ठीक आहे जर तुम्ही डेल्टा w आहे 0 डेल्टा क्यू च्या बरोबरी डेल्टा u

च्या बरोबरी आहे

त्यामुळे तुम्ही सिस्टमला जी काही उष्णता पुरवठा करता ती सिस्टमची अंतर्गत उर्जा वाढवते जर तुम्ही सिस्टममधून उष्णता काढली तर डेल्टा q ही नकारात्मक अंतर्गत उर्जा खाली जाते ठीक आहे आणि आता इतर मार्गाने जर तुम्ही याबद्दल बोललात तर तुम्ही या अभिव्यक्तीवरून पाहू शकता की एका प्रकरणात आंतरिक उर्जा वाढेल जेव्हा मी सिस्टमवर काम करतो ठीक आहे, तर हा डेल्टा w स्वतःच थर्मोडायनामिक्सच्या पहिल्या नियमाच्या समीकरणातून नकारात्मक असेल जर डेल्टा w असेल तर मला हे मिळते. n आहे इगोटिक् म्हणजे मी सिस्टीमवर काम करत आहे, जर डेल्टा डब्ल्यू पॉझिटिव्ह असेल तर अंतर्गत उर्जा वाढते याचा अर्थ सिस्टीम तिच्या अंतर्गत उर्जेच्या खर्चावर काम करत आहे,

त्यामुळे तुम्ही ऊर्जा संवर्धनासाठी अंतर्गत ऊर्जा तिथे असायला हवी, ही अंतर्गत ऊर्जा काय आहे हे आपण समजून घेतले पाहिजे. त्यावर पुढे जा, मी येथे जे लिहिले आहे ते थर्मोडायनामिक्सचा पहिला नियम मी खालील फॉर्ममध्ये लिहितो जे प्रत्यक्षात तीन प्रमाणात थर्मल एनर्जीचे कार्य किंवा यांत्रिक उर्जेचे संवर्धन आहे आणि अंतर्गत ऊर्जा भिन्न स्वरूपात लिहिली जाऊ शकते ठीक आहे डेल्टा q Δw आणि du इथेच सावधगिरी बाळगली पाहिजे की हे दोन डेल्टा का आहेत आणि हे d हे मी आज थोडक्यात आणि पुढील व्याख्यानात विस्ताराने समजावून सांगेन पण जर मी सांगितले तर अंतर्गत ऊर्जा काय आहे ते मी थोडे पुढे करू. प्रणालीला उष्णता पुरवठा करा आणि त्यास कार्य करू देऊ नका, त्याची अंतर्गत ऊर्जा वाढते, ही आंतरिक ऊर्जा किती आहे हे ठीक आहे, जर तुम्ही उष्णता पुरवतो तर कायनेटिक सिद्धांताने मला आधीच सांगितले आहे की सरासरी कायनेटिक एनी rgy वाढते याचा अर्थ असा होतो की या क्षणी अधिक पुराव्याशिवाय तापमान वाढते ठीक आहे मी फक्त असे म्हणणे की आदर्श वायू आदर्श वायूचे रेणू म्हणू या मोनोअॅटॉमिक असेल तर मोनोअॅटॉमिक म्हणू या ठीक आहे, मला अनुवादित गतीज ऊर्जा माहित आहे जर मी घेतले तर एक तीळ म्हणूया मोनोअॅटॉमिक आदर्श वायू p श्री बाय दोन nk bt येथे हा $avogadro$ क्रमांक आहे ज्याचा आम्ही संदर्भ देत राहिलो

त्यामुळे ही भाषांतरित गतीज ऊर्जा प्रत्यक्षात आंतरिक ऊर्जा आहे हे तुम्हाला कसे माहित आहे हे सादृश्य तुम्हाला स्पष्टपणे माहित आहे कारण तुम्ही उष्णता तापमानाचा पुरवठा केव्हा करता हे तुम्हाला माहीत आहे गतीज सिद्धांत आपल्याला शिकवते की सरासरी गतीज ऊर्जा ट्रान्सलेशनल गतीज ऊर्जा वाढवते आदर्श वायू मोनो अणु केवळ अनुवादात्मक म्हणून मोनो अणु आदर्श वायूसाठी ही ट्रान्सलेशनल गतीज ऊर्जा आहे जी आंतरिक ऊर्जा आहे म्हणून तुम्ही तापमान वाढवता जे वाढते ते ट्रान्सलेशनल गतीज ऊर्जा असते मोनोअॅटॉमिक कॅशे रेणू ठीक आहे तर अंतर्गत ऊर्जा काय आहे अंतर्गत ऊर्जा या स्वरूपाच्या बरोबरीची आहे जी मी सिद्ध करणार नाही कदाचित पण या सादृश्यामुळे मी अपेक्षा करेन की आदर्श वायूसाठी सीव्हीटी प्लस स्थिरांक आहे आणि तुम्हाला माहिती आहे की सीव्हीला माहिती आहे की आदर्श वायू मोनो अॅटॉमिक डायटॉमिक आहे की पॉली अॅटॉमिक आहे, मी ट्रान्सलेशनल किंवा ट्रान्सलेशनल प्लस रोटेशनल किंवा ट्रान्सलेशनल प्लस घेऊन स्वातंत्र्याची डिग्री मोजतो. $rotational$ plus $vibrational$ ही सर्व माहिती या cv मध्ये जाते

त्यामुळे त्याची गतीज उर्जा आहे जर तुम्ही आदर्श वायू रेणूबद्दल बोललात तर ठीक आहे हा एक चांगला मुद्दा आहे मला वाटते आपण कुठे थांबावे पण मला तुम्हाला सांगायचे आहे की ही एक अतिशय महत्वाची गोष्ट आहे हा डेल्टा q डेल्टा w आणि tu प्रत्यक्षात Δq आणि Δw ते थर्मोडायनामिक प्रक्रियेवर अवलंबून असतात मी तुम्हाला आधीच दोन उदाहरणे दाखवली आहेत ज्यात माझ्याकडे एकात आहे डेल्टा q समान आहे 0 फक्त डेल्टा w होता दुसऱ्यामध्ये डेल्टा q होता पण डेल्टा डब्ल्यू नाही तर हा डेल्टा क्यू आणि डेल्टा डब्ल्यू जर मी प्रारंभिक अवस्थेतून अंतिम स्थितीत गेलो तर ठीक आहे असे म्हणूया की हा pi आहे हा pf आहे मी प्रारंभिक स्थितीतून अंतिम स्थितीत जाऊ द्या मला pi to pf ok किंवा vi to vf या डेल्टा q आणि डेल्टा w $depen$ मी सुरुवातीपासून अंतिम अवस्थेपर्यंत कसा पोहोचलो यावर d पण मी प्रारंभिक स्थितीपासून अंतिम स्थितीत कसे गेलो यावर du अवलंबून नाही तर ते फक्त प्रारंभिक स्थिती आणि अंतिम स्थितीवर अवलंबून आहे ठीक आहे ही एक अतिशय महत्वाची संकल्पना आहे जी मी मेकॅनिक्सच्या दृष्टिकोनातून स्पष्ट करेल जिथे तुम्हाला आधीच माहित आहे की पुराणमतवादी शक्ती क्षेत्रासाठी संभाव्यतेची एक संकल्पना आहे जी मी तुम्हाला समजावून सांगण्यासाठी येथे सामान्यीकरण करेन की ही आंतरिक ऊर्जा काय आहे आणि ती एक आहे या शब्दावलीचा मला काय अर्थ आहे. स्टेट फंक्शन म्हणून मी हे सांगून संपवतो की ही मात्रा प्रत्यक्षात स्टेट फंक्शन आहे हे प्रमाण u प्रत्यक्षात स्टेट फंक्शन आहे प्रारंभिक आणि अंतिम स्थितीवर अवलंबून असते म्हणजे थर्मोडायनामिक व्हेरिएबल्सची प्रारंभिक आणि अंतिम मूल्ये जर आदर्श वायू असेल तर मी आधीच प्रयत्न केला आहे तुम्हाला समजावून सांगा की ते cvt आहे म्हणून ते प्रत्यक्षात या दोन राज्यांच्या तापमानातील फरकाने दिले जाईल ठीक आहे आज धन्यवाद