

ठीक आहे थर्मोडायनामिक्सच्या दुसऱ्या व्याख्यानात आपले स्वागत आहे ज्यामध्ये नेहमीप्रमाणे आपण  $dh$  recapitulation ने सुरुवात करू, त्यामुळे आपण थर्मोडायनामिक व्हेरिएबल्सवर चर्चा केली आहे जी प्रयोगांमध्ये मोजता येण्याजोग्या मॅक्रोस्कोपिक वस्तू आहेत दोन प्रकार आहेत एक विस्तृत आहे आणि दुसरा गहन विस्तृत थर्मोडायनामिक व्हेरिएबल्स सिस्टमच्या आकाराचे सूचक आहेत उदाहरणार्थ कणांच्या आकारमानाच्या अंतर्गत ऊर्जेची संख्या नंतर आपण बहुधा मुक्त ऊर्जा एन्ट्रॉपीची संकल्पना मांडू, हे विस्तृत व्हेरिएबल्स आहेत ते सिस्टीमच्या आकाराचे सूचक आहेत जर आपण समतोल राखणाऱ्या प्रणालीचा आकार दुप्पट केला तर हे प्रमाण दुप्पट होईल दुसरीकडे दाब तापमान हे इंटेंसिव्ह व्हेरिएबल आहेत हे प्रमाण सिस्टीमच्या आकारावर अवलंबून नसतात ठीक आहे त्या सिस्टीमच्या आकाराशी असंवेदनशील असतात ते समतोल स्थितीनुसार निश्चित केले जातात त्याचप्रमाणे जर माझ्याकडे घनता असेल जी  $n$  पेक्षा जास्त असेल तर हे प्रमाण  $n$  विस्तृत असले तरीही हे प्रमाण गहन प्रमाण आहे.  $v$  म्हणून हे विस्तृत आणि गहन चल माझे थर्मोडायनामिक  $var$  आहेत  $iables$  जी प्रणालीचे वर्णन करते परंतु मी ज्या प्रणालीचा विचार करत आहे ती नेहमी जलाशयाशी संवाद साधत असते किंवा आम्ही त्याला उर्वरित विश्व किंवा फक्त विश्व म्हणतो

त्यामुळे भिंतींनी विश्वापासून विभक्त केलेली प्रणाली आम्ही वेगवेगळ्या प्रकारच्या भिंतीबद्दल बोललो उदाहरणार्थ  $adiabatic$  wall जे कोणत्याही उष्णतेच्या देवाणघेवाणीला किंवा डायथर्मिक भिंतीला परवानगी देत नाही जेथे मी सामान्यतः उष्णता विनिमय करू शकतो माझ्यामध्ये उष्णता विनिमय आणि यांत्रिक परस्परसंवाद दोन्ही असू शकतात

त्यामुळे सिस्टम ब्रह्मांड आणि प्रणाली विश्वापासून भिंत प्रणालीद्वारे विभक्त केली गेली आहे तर जलाशय खूप मोठा आहे. गृहीत धरा की उष्णतेची क्षमता मर्यादित आहे ज्याचा अर्थ असा आहे की जर मी यातून किंवा वायरमधून उष्णता काढली किंवा मी जलाशयात थोडी उष्णता सोडली तर त्याचे तापमान बदलत नाही, म्हणून मी म्हटल्याप्रमाणे भिंती डायथर्मिक आणि ऑडिअॅबॅटिक आहेत म्हणून आम्ही भिंतीचा विचार करू. जे डायथर्मिक आणि जंगम देखील आहेत जेणेकरून मी सिस्टमवर काही यांत्रिक कार्य करू शकेन तर दुसरीकडे प्रणाली स्वतःहून काही यांत्रिक कार्य देखील करू शकते  $rse$  म्हणून मी मेकॅनिकल आणि थर्मल अशा दोन प्रकारच्या परस्परसंवादाचा उल्लेख केला आहे, तेथे इतर प्रकारचे परस्परसंवाद असू शकतात उदाहरणार्थ कण एक्सचेंज असू शकतात ज्यामध्ये आम्हाला सध्याच्या व्याख्यानांच्या संचामध्ये स्वारस्य नाही तर इक्विलिब्रियम ओके इक्विलिब्रियम ही संकल्पना म्हणजे सर्व थर्मोडायनामिक व्हेरिएबल्स आम्ही मोजतो ते वेळेवर अवलंबून नाही जोपर्यंत मी सिस्टीमवर प्रयोग करत आहे तोपर्यंत मी थर्मोडायनामिक व्हेरिएबल्सचे दाब तापमान मोजतो जे मी मोजतो ते समतोल राखण्यासाठी वेळेवर अवलंबून नाही मी जे काही बदल करेन तो अर्ध-स्थिर बदल आहे अर्ध-स्थिर बदल म्हणजे तो खूप मंद बदल आहे. याचा अर्थ समस्येच्या इतर सर्व वेळेपेक्षा कमी आहे, मी असे गृहीत धरू शकतो की प्रत्येक क्षणी माझी प्रणाली समतोल स्थितीत आहे. माझ्याकडे आदर्श वायू असल्यास वर्णन करू शकतो त्याऐवजी आदर्श वायूचा एक तीळ मी त्याचे वर्णन करू शकतो या समीकरणातून प्रत्येक क्षणी  $pv$  समान आहे  $rt$  या समीकरणातून मी  $pv$  आकृती प्लॉट केल्यास मला काय म्हणायचे आहे हे स्पष्ट करते.  $vi$  चे फंक्शन एक  $pv$  डायग्राम मिळवते ज्यामध्ये प्रत्येक क्षणी मी समतोल आहे मी लिहू शकतो  $pv$  is equal to  $rt$  ठीक आहे

त्यामुळे समतोल राखण्यासाठी अर्ध-स्थिर प्रक्रिया खूप महत्वाची आहे आणि मी प्रत्येक क्षणी समतोल राखत असल्याने अवस्थेचे समीकरण लिहू शकतो ठीक आहे हे थोडक्यात सांगणे आहे मी थर्मोडायनामिक्सच्या संकल्पना काय केल्या आहेत मी तो एक मॅक्रोस्कोपिक विषय पुनरावृत्ती करतो परंतु अखेरीस दिवसाच्या शेवटी आपल्याला जे परिणाम मिळतात तेच परिणाम आपल्याला वायूच्या गतिज सिद्धांतातून मिळालेल्या परिणामांसारखेच असतील. ठीक आहे आपण पुढे जाऊया म्हणून मी तुमच्यासाठी थर्मोडायनामिक्सचा पहिला नियम प्रस्तावित केला आहे तो उर्जेचे संवर्धन आहे म्हणून माझ्याकडे अशी परिस्थिती असू शकते जिथे माझ्याकडे माझी प्रणाली आहे आणि मी प्रणालीला तिच्या स्वरूपात काही ऊर्जा देतो म्हणून मी एक ऊर्जा प्रदान करतो जी मी करेन थर्मला कॉल करा  $a1$  ऊर्जा रक्कम  $delta$   $q$  किंवा मी हे नोटेशन डेल्टा  $q$  वापरतो जेव्हा मी तिरपा डेल्टा किंवा  $q$  डेल्टा लिहितो तेव्हा ते एक असीम दशांश बदल दर्शवते मी त्याला मर्यादित बदल म्हणू दे पण मला या चपखल किरकोळ तपशिलांचा त्रास होऊ देऊ नका आम्ही या दोन नोटेशन जवळजवळ परस्पर बदलून वापरतो ठीक आहे म्हणून मी सिस्टमला डेल्टा  $q$  प्रमाणात उष्णता पुरवतो आणि जर मी सिस्टमला कोणतेही यांत्रिक कार्य करू देत नाही तर काही प्रमाणात वाढ झाली पाहिजे आणि ज्याला आपण आंतरिक उर्जा म्हणतो आंतरिक उर्जा वाढली पाहिजे कारण ऊर्जा विसर्जित केली जाऊ शकत नाही तर उर्जा विसर्जित केली जाऊ शकत नाही. काही प्रमाण वाढले पाहिजे आणि ती आंतरिक उर्जा आहे असे म्हणू या की आपल्याकडे आदर्श वायू आहे आणि ती आदर्श वायूची अंतर्गत उर्जा आहे जी जर मी डेल्टा  $q$  दिली तर खरोखरच वाढेल जर माझ्याकडे सिस्टम असेल आणि मी कंटेनरची ही भिंत ढकलली तर मी सिस्टीमवर काही यांत्रिक काम करत आहे मी काही यांत्रिक काम करत आहे मी नेहमी गृहीत धरतो की कोणतेही घर्षण नाही आणि कोणतेही विघटन नाही याचा अर्थ मी जे काही करत आहे ते पुराणमतवादी आहे ठीक आहे ठीक आहे जर मी केले तर पुन्हा काम करा अंतर्गत उर्जेत वाढ होईल कारण मी कोणत्याही उष्णतेच्या देवाणघेवाणीला परवानगी देत नाही या दोन अत्यंत परिस्थिती आहेत ज्या मला सांगतात की मला तीन प्रमाणांचा त्रास करावा लागेल एक मी आधीच डेल्टा  $q$  लिहिले आहे ते म्हणजे उष्णता विनिमय आणि नंतर यांत्रिक कार्य डेल्टा डब्ल्यू आणि मी भूतासारखे काहीतरी नमूद केले आहे जे आता आमच्या सिद्धांतात दिसते ती आंतरिक उर्जा आहे जी मी डेल्टा  $q$  ओके म्हणून लिहितो जी मी डु म्हणून लिहितो म्हणून माझ्याकडे डेल्टा  $q$  डेल्टा डब्ल्यू आणि डेल्टा  $q$  हा थर्मोडायनामिक्सचा पहिला नियम आहे. एकूण उर्जेच्या संवर्धनामध्ये या तीन प्रमाणांचा समावेश असेल हे अगदी स्पष्ट असले पाहिजे म्हणून मी विचारात घेतले पाहिजे की अंतर्गत उर्जा दोन काल्पनिक अत्यंत परिस्थितींपुरती मर्यादित असेल ज्यापैकी एक माझ्याकडे फक्त उष्मा विनिमय आहे. यांत्रिक कार्य ठीक आहे हे म्हटल्यावर आम्ही थर्मोडायनामिक्सचा पहिला नियम प्रस्तावित केला डेल्टा  $q$  म्हणजे प्रणालीला पुरवलेली उष्णता ही डेल्टा  $w$  प्रणालीद्वारे केली जाते

त्यामुळे डेल्टा  $q$  डेल्टाच्या बरोबरीचा असावा  $a$   $u$  plus  $delta$   $w$

त्यामुळे मी सिस्टीमला जी काही उष्णता पुरवतो ती दोन रूपात विसर्जित केली जाईल किंवा दोन रूपात वापरली जाईल एक म्हणजे सिस्टम काही काम करेल म्हणून हे सिस्टीमने केलेले काम आहे जसे मी आधीच लिहिले आहे. हे पुन्हा लिहा प्रणालीने केलेले कार्य आणि ही अंतर्गत उर्जेची वाढ आहे, म्हणून मी माझ्या थर्मोडायनामिक्सचा पहिला नियम असा प्रस्तावित करतो डेल्टा  $q$  डेल्टा डब्ल्यू आणि डेल्टा  $q$  हे तिन्ही प्रमाण आता ऊर्जेचे संरक्षण मिळवण्यासाठी एकत्र केले पाहिजे. जर तुम्ही हे समीकरण बघितले तर पहिले एक्स्ट्रीम केस डेल्टा डब्ल्यू नव्हते तर केस एक ज्याचा आम्ही मागील स्लाइडमध्ये अभ्यास केला आहे त्यात डेल्टा  $w$  नाही

त्यामुळे तुम्हाला दिसेल डेल्टा  $q$  हे डेल्टा  $q$  च्या बरोबरीचे आहे हेच मी यावर जोर देण्याचा प्रयत्न करत होतो. मी सिस्टीमला पुरविलेली ही संपूर्ण उष्णता सिस्टीमने कोणतेही काम केले नाही तर दुसरीकडे केस दोन जे मी लवकरच दाखवेन की डेल्टा  $q$   $0$  डेल्टा  $u$  उणे असेल तर ते केस काय आहे  $delta$   $w$  जे मला सांगते की जर सिस्टम करते काही कार्य मग डेल्टा  $w$  सकारात्मक आहे ठीक आहे मग डेल्टा  $u$  नकारात्मक आहे कारण हे प्रमाण सकारात्मक आहे जर हे प्रमाण सकारात्मक असेल तर डेल्टा  $u$  नकारात्मक आहे याचा अर्थ प्रणालीची अंतर्गत उर्जा खाली जाणे आवश्यक आहे प्रणाली तिच्या अंतर्गत उर्जेच्या किंमतीवर काही काम करत आहे दुसरीकडे जर मी या प्रणालीवर काही काम केले तर डेल्टा  $w$  नकारात्मक होतो या नकारात्मक चिन्हामुळे डेल्टा  $u$  सकारात्मक आहे याचा अर्थ मी सिस्टमवर काही काम करत आहे आणि तिची अंतर्गत उर्जा वाढते

त्यामुळे हे आपल्याजवळ जे काही आहे त्याच्याशी सुसंगत आहे. आत्तापर्यंत चर्चा केली आहे हा थर्मोडायनामिक्सचा पहिला नियम आहे आणि नंतर मी थोडक्यात सांगितले आहे की अंतर्गत उर्जा काय असते ठीक आहे आंतरिक उर्जा जर मी आदर्श वायू अंतर्गत उर्जा तापमानाच्या प्रमाणात आहे असे मानले तर ठीक आहे हे मी सिद्ध केले नाही परंतु आदर्श वायूसाठी त्याचे तापमान प्रमाणानुसार कार्य करते जर मी तापमान वाढवले तर अंतर्गत उर्जा वाढते या स्थिरांकाचा काही संबंध नाही गतिज सिद्धांताने आपल्याला आधीच शिकवले आहे की रेणूची सरासरी गतीज उर्जा संबंधित आहे तपमानापर्यंत त्यामुळे अंतर्गत उर्जा जर तुम्ही मोनो अणु आदर्श वायू रेणूंचा विचार केला तर हे प्रमाण  $cv$  स्वातंत्र्याच्या अंशांची मोजणी करते आणि आम्हाला आधीच

माहित आहे की गतिज सिद्धांतात सरासरी गतीज ऊर्जा तापमानाशी संबंधित आहे म्हणून जर तुम्ही आदर्श वायू रेणूबद्दल बोललो तर तुमचे अंतर्गत ऊर्जा ही फक्त भाषांतरात्मक असते जर ती एकपरमाणू असेल तर ती भाषांतरात्मक कंपनात्मक असते आणि जर ती डायटॉमिक किंवा पॉलीओटामाइन असेल तर ती इंटरनल एनर्जी आहे म्हणजे ती ऊर्जा आहे ज्याबद्दल मी गतीज सिद्धांतामध्ये बोलत होतो, जर मी आदर्श वायू रेणूंचा विचार केला तर जे वस्तुस्थिती लक्षात घेतात. हे मोनो अणु असू शकते ते बहुअणु असू शकते जे  $cv$  मध्ये आहे आम्ही समविभाजन वापरून  $cv$  ची विस्तृतपणे गणना केली आणि ते सम विभाजन आम्हाला सांगते की रेणू मोनो अणु डायटॉमिक आहे की पॉली अणु स्वातंत्र्याच्या अंशांची संख्या मोजण्यात जातो आणि ते त्यात प्रतिबिंबित होते विशिष्ट उष्णता क्षमता म्हणजे ही अंतर्गत ऊर्जा आहे आणि दुसरे प्रमाण हे विस्तृत आहे म्हणजे जर तुम्ही आकार दुप्पट केला तर रेणूची संख्या दुप्पट केली तर ती निश्चितपणे दुप्पट होईल म्हणून मी सुरुवातीला म्हटल्याप्रमाणे ते एक विस्तृत प्रमाण आहे म्हणून अंतर्गत ऊर्जा ही विस्तृत मात्रा आहे दुसरे म्हणजे मला येथे एक अतिशय महत्वाची कल्पना आणायची आहे की हे राज्य कार्य आहे म्हणजे राज्य कार्य म्हणजे काय? स्टेट फंक्शन म्हणजे जर मी एखाद्या थर्मोडायनामिक प्रक्रियेद्वारे  $p$  आणि  $t$  द्वारे वैशिष्ट्यीकृत अवस्थेतून  $p$  आणि  $t$  राज्यात गेलो तर ठीक आहे, मी तुमच्यासाठी थर्मोडायनामिक प्रक्रिया काही मिनिटांत परिभाषित करेन ही आंतरिक ऊर्जा केवळ प्रारंभिक आणि अंतिम स्थितीवर अवलंबून असते. थर्मोडायनामिक व्हेरिएबल्स हे थर्मोडायनामिक व्हेरिएबल्सच्या मूल्यांवर अवलंबून असते जे प्रारंभिक आणि अंतिम आहे ठीक आहे ते थर्मोडायनामिक प्रक्रियेवर अवलंबून नाही जी सिस्टमला या स्थितीतून त्या स्थितीत नेण्यात गुंतलेली आहे जी खूप महत्वाची आहे म्हणून ते राज्य कार्य आहे म्हणजे ते एखाद्या अवस्थेच्या थर्मोडायनामिक व्हेरिएबल्सद्वारे निर्धारित केले जाते ठीक आहे उदाहरणार्थ आदर्श वायूमध्ये जर तुम्हाला त्याचे तापमानाचे प्रमाण दिसले तर मी अशी प्रक्रिया केली ज्यामध्ये माझे  $T$ . तापमान  $T$  पासून  $T$  पर्यंत जाते

त्यामुळे अंतर्गत ऊर्जेतील बदल फक्त  $cv$   $T$  उणे  $T$  असेल हे अवलंबून नाही की मी ही प्रक्रिया  $T$  पासून  $T$  वर जाण्यासाठी कशी साध्य केली हे खूप महत्वाचे आहे हे एक राज्य कार्य आहे परंतु  $q$  आणि  $w$  नाही

त्यामुळे उष्णता शोषली जाते किंवा प्रणालीद्वारे केलेले कार्य ते स्टेट फंक्शन्स नसतात ते प्रक्रियेची फंक्शन्स असतात ठीक आहे म्हणून मी येथे  $\Delta q$   $\Delta w$  असे लिहिले आहे आणि म्हणूनच हा डेल्टा  $d$  डेल्टा  $q$  डेल्टा  $w$  नाही हे थर्मोडायनामिक प्रक्रियेच्या मार्गावर अवलंबून आहे. लवकरच त्यांची स्पष्टपणे गणना करेल आणि दर्शविले की ते खरोखर थर्मोडायनामिक प्रक्रियेवर अवलंबून आहेत  $du$  ठीक नाही हे फक्त प्रारंभिक आणि अंतिम सेटवर अवलंबून आहे कारण मी येथे गणना केली आहे म्हणून ही एक अतिशय महत्वाची कल्पना आहे आणि यांत्रिकी यांच्यात एक संबंध आहे ठीक आहे आमच्याकडे आधीपासूनच आहे अँडियाबॅटिक प्रक्रिया पाहिली तर थर्मोडायनामिक्स राज्य कार्य किंवा अंतर्गत उर्जेची संकल्पना कशी आणते जर तुमच्याकडे अँडियाबॅटिक प्रक्रिया असेल तर ठीक आहे,

त्यामुळे अँडियाबॅटिक प्रक्रियेत डेल्टा  $q$  शून्याच्या बरोबरीचे आहे हे तुम्हाला माहित आहे, त्यामुळे प्रणालीद्वारे कार्य केले जाते. मी किंवा मी सिस्टीमवर काही काम करत आहे, जर मी असे म्हणतो की कोणतेही घर्षण नाही तेथे कोणतेही विघटन नाही माझ्याकडे काय आहे माझ्याकडे एक काम आहे जे पुराणमतवादी आहे जे पुराणमतवादी आहे हे खूप महत्वाचे आहे म्हणून मी एक काम करत आहे जे पुराणमतवादी आहे आणि आता आपण मेकॅनिक्समधील आमचा मेकॅनिक्सचा अभ्यासक्रम आठवूया, ज्याला पुराणमतवादी शक्तीमध्ये फील्ड वर्क केले जाते हे मी घेतलेल्या मार्गावर अवलंबून नसते, उदाहरणार्थ गुरुत्वाकर्षण क्षेत्रातील कण सुरुवातीला येथे असेल तर मी ते येथे घेतो, मी ते अनेक ठिकाणी घेऊ शकतो. तुम्हाला आवडेल तितक्या मार्गांनी कोणीतरी ते फक्त अनुलंब वरच्या दिशेने घेऊ शकते ठीक आहे परंतु सर्व प्रक्रियेत केलेले कार्य सारखेच आहे हे मार्गावर अवलंबून नाही तर ते अंतिम अवस्थेतील एका परिमाणाच्या फरकावर आणि परिमाण  $i$  च्या प्रारंभिक अवस्थेवर अवलंबून आहे. आमच्या मेकॅनिक्स कोर्समध्ये पोटेंशियल म्हटले जाते ठीक आहे

त्यामुळे पुराणमतवादी फोर्स फील्डमध्ये केलेले संभाव्य काम पुराणमतवादी फोर्समध्ये केले जाते फील्ड वर्क हे फक्त संभाव्य फरकातील संभाव्य फरक आहे कृपया लक्षात घ्या की मी काय संदर्भ देतो एनजी संभाव्यता ही तथाकथित संभाव्य उर्जाशिवाय काहीही नाही किंवा त्याऐवजी मी संभाव्य उर्जा दर्शविण्यासाठी संभाव्य हा शब्द वापरत आहे ते मार्गावर अवलंबून नाही आणि जर मी पुराणमतवादी शक्ती क्षेत्रात बंद लूपमध्ये काम केले तर मी येथून प्रारंभ करतो आणि मी या बिंदूवर परत आलो आहे निव्वळ कार्य शून्य आहे कारण मी त्याच स्थितीत परत आलो आहे संभाव्यता समान आहे त्यामुळे संभाव्य बदल शून्य आहे म्हणूनच माझे केलेले कार्य नेहमी शून्याच्या समान असेल म्हणून हे यांत्रिकीकडून आहे आणि तुम्ही पहा अँडियाबॅटिक प्रक्रियेत केलेले काम हे मार्ग स्वतंत्र असते ते मार्गावर अवलंबून नसते कारण ते एक पुराणमतवादी शक्ती क्षेत्र आहे आणि ते अंतर्गत उर्जेची कल्पना देते म्हणून जर तुम्हाला आठवत असेल की शास्त्रीय यांत्रिकीमध्ये संभाव्यतेची संकल्पना कशी प्राप्त होते थर्मोडायनामिक्समध्ये अंतर्गत ऊर्जा काय आहे हे तुम्हाला लगेच कळेल, म्हणून मी आधीच नमूद केल्याप्रमाणे हा एक स्टेट फंक्शन आदर्श वायू आहे,  $U$  हा प्रारंभिक आणि अंतिम तापमानावर अवलंबून असतो कारण ते तापमानाचे कार्य असते,

त्यामुळे तुम्हाला काय समजले तरच कंझर्व्हेटिव्ह फोर्स फील्ड आहे आणि कंझर्व्हेटिव्ह फोर्स फील्डमध्ये आम्हाला संभाव्यतेची संकल्पना कशी प्राप्त होते, थर्मोडायनामिक प्रक्रियेत अंतर्गत ऊर्जा काय आहे हे तुम्हाला लगेच लक्षात येईल आणि अँडियाबॅटिक प्रक्रियेसाठी तुम्ही आदर्श वायूचा विचार केल्यास ते स्पष्टपणे एक राज्य कार्य आहे कारण मी तुम्हाला एका आदर्श वायूमध्ये सांगितले आहे की त्याचे फक्त  $cv$  अधिक काही स्थिरांक या स्थिरांकाचा सारामध्ये काही संबंध नाही, आम्हाला यांत्रिकीमध्ये जसे आंतरिक ऊर्जेच्या फरकामध्ये रस आहे तसेच आम्हाला संभाव्यतेतील फरकामध्ये रस आहे त्यामुळे आमच्यासाठी हा थर्मोडायनामिक्सचा पहिला नियम आहे हा अंतर्गत ऊर्जेचा अर्थ आहे मी दोन अत्यंत प्रक्रियांबद्दल बोललो एक पूर्णपणे अँडियाबॅटिक आहे फक्त यांत्रिक कार्य केले जाते आहे दुसरी प्रक्रिया जी डायथर्मिक आहे ज्यामध्ये मी उष्णता एक्सचेंजला परवानगी देतो परंतु सामान्य प्रक्रियेत दोन्हीचा समावेश होतो एक उष्णता विनिमय आहे दुसरे यांत्रिक कार्य ठीक आहे आता हा प्रश्न आहे कारण मी कामाबद्दल इतके बोलत आहे की गॅस विहिरीचे काम काय आहे हे मी नेहमी अर्ध स्थिर प्रक्रिया गृहीत धरतो. म्हणजे कोणत्याही क्षणी कोणत्याही टप्प्यावर मी माझे आदर्श वायू समीकरण वापरू शकतो, मी नेहमीच आदर्श वायूचा विचार करेन, आतापर्यंत कोणत्याही वेळी व्हॅन डेर वाल गॅसचा विचार केला नाही तर त्याचा आदर्श वायू एक तीळ असू शकतो.  $mole$  पण मी नेहमी  $quasi$  static process गृहीत धरीन जेणेकरून कोणत्याही क्षणी मी  $p$  is equal to  $n$  हे समीकरण वापरू शकेन मग काय काम केले आहे असे गृहीत धरू की एक कंटेनर आहे काही  $p$  दबाव आहे आणि एक लहान शिफ्ट आहे  $dx$  हे क्रॉस सेक्शनचे क्षेत्रफळ आहे आणि तेथे एक दबाव आहे  $p$  आता आपण म्हणू की काय काम पूर्ण झाले आहे मला विस्थापनाची शक्ती माहित आहे म्हणून मी फक्त केलेल्या कामाचे परिमाण पहात आहे

त्यामुळे केलेल्या कामाची शक्ती असावी कोणते दाब वेळा क्षेत्र आहे जे परिमाणानुसार सुसंगत आहे आणि  $dx$  हे कंटेनरच्या भिंतीचे विस्थापन आहे उदाहरणार्थ साधेपणासाठी आपण एक आयताकृती भिंत घेत आहोत ठीक आहे म्हणून ती एका रकमेने विस्थापित केली आहे  $dx$  हे असे काम आहे जे मी करू शकतो  $p$  म्हणून लिहा म्हणजे माझ्याकडे एक्सप्रेस आहे  $d$  सर्व काही दाब आणि व्हॉल्यूमच्या संदर्भात एक गहन आणि एक विस्तृत थर्मोडायनामिक व्हेरिएबल आहे

त्यामुळे नेटवर्क केले जाईल नेटवर्क पूर्ण केले जाईल  $p$   $dv$  ते  $v$  एक ते  $v$  दोन म्हणून मी असे गृहीत धरत आहे की सुरुवातीला मी व्हॉल्यूम  $v$  वन म्हणून होतो नंतर व्हॉल्यूम सिस्टीम  $v$  दोन पर्यंत वाढते किंवा कमी होते ठीक आहे मी हा बदल अर्धवट स्थितीत करत आहे त्यामुळे आता हे काम केले आहे जर मला माझा  $p$  आकृती आठवत असेल तर हा  $p$  आकृती आहे, तर याचा अर्थ काय आहे की मी  $p$  समाकलित करत आहे हा माझा प्रारंभिक खंड आहे  $v$  एक हा माझा शेवटचा खंड  $v$  दोन आहे आणि हे केलेले काम आहे त्यामुळे काम पूर्ण झाले आहे हे फक्त या  $p$  आकृतीत वक्राखालील क्षेत्रफळ आहे ठीक आहे,

त्यामुळे आम्हाला वेगवेगळ्या थर्मोडायनामिक प्रक्रियेसाठी वक्राखालील हे क्षेत्र मोजावे लागेल त्यामुळे हे आमचे पुढील आहे. वेळ आणि यास थोडा वेळ लागेल आणि आम्ही प्रत्येक प्रक्रियेचा भौतिक अर्थ समजून घेण्याचा प्रयत्न करू, त्यामुळे आम्ही वेगवेगळ्या थर्मोडायनामिक प्रक्रियेसाठी करू एम्परेचर निश्चित केले आहे  $t$  निश्चित केले आहे ताबडतोब तुम्हाला एक गोष्ट आधीच माहित आहे जर तापमान निश्चित केले असेल तर मी आदर्श वायू बदल बोलत आहे  $z$  शून्य बरोबर आहे अंतर्गत उर्जेमध्ये कोणताही बदल होत नाही कारण आदर्श वायूमध्ये अंतर्गत ऊर्जा ही फक्त अनुवादित गतीज ऊर्जा असते जर मी मोनो अणु आदर्श मानतो वायूचे रेणू फक्त भाषांतरित आणि त्याचे प्रमाण तापमान आहे तापमान स्थिर ठेवले आहे  $du$  शून्य समान असणे आवश्यक आहे आता तुम्हाला हे प्रमाण मोजायचे आहे आणि तुम्हाला माहिती आहे की ही अर्ध-स्थिर प्रक्रिया असल्याने प्रत्येक क्षणी तुम्ही  $pv$  लिहू शकता  $nrt$  च्या समान मी इथे स्पष्टपणे  $nrtv$   $1 v 2 dv$  द्वारे  $v$   $ok$  म्हणून लिहिल्याप्रमाणे तुम्ही हे अविभाज्य लिहू शकता, मी सर्व केले आहे मी  $pv$  साठी बदलले आहे येथे  $pv$   $is$   $equal$   $to$   $nrt$  जे मला देते  $p$   $is$   $equal$   $to$   $nrt$   $over$   $v$   $ok$  मी बदलल्यास ते परत या समीकरणात मला फक्त हा फॉर्म मिळाला आहे आणि आता मी  $v$   $1$  ते  $v$   $2$  मध्ये समाकलित करू शकतो यामुळे मला ही अभिव्यक्ती मिळते म्हणून समतापीय प्रक्रियेत हे कार्य केले जाते त्यामुळे अंतर्गत उर्जेमध्ये कोणताही बदल होत नाही म्हणून जे काही उष्णता असते जर मी डेल्टा  $q$  रक्कम दिली तर वायूचे काम पूर्ण केले जाईल. प्रणालीद्वारे केली जाते म्हणून ही एक समतापीय प्रक्रिया आहे महत्त्वाची आहे  $du$  नेहमी शून्य आहे मी आदर्श वायू रेणूंचा विचार करत आहे ठीक आहे मी त्वरीत पुढील प्रक्रियेकडे जाईन **isobaric** याचा अर्थ काय आहे **isobaric** म्हणजे दाब स्थिर दाब स्थिर आहे याचा अर्थ मी जाईन स्टेट  $pv$   $iti$  ते स्टेट  $pv$   $ftf$  ओके ही माझी आदर्श वायू प्रणाली ठीक आहे प्रारंभिक दाब आणि अंतिम दाब समान आहे तापमान आणि आवाजामध्ये बदल होईल जे मला मोजावे लागेल आणि ही अभिव्यक्ती भिन्न असेल आणि अंतर्गत ऊर्जा बदललेल या प्रक्रियेत अंतर्गत ऊर्जा असते मी असे म्हणू शकत नाही की  $du$  समान शून्य आहे उलट या प्रक्रियेत  $du$  समान शून्य नाही म्हणून समस्थानिक प्रक्रियेत  $du$  शून्य बरोबर नाही हे आपल्याला नेहमी आठवण करून देते की हा डेल्टा  $q$   $an$   $d$  डेल्टा  $w$  पथावर अवलंबून असतो याचा अर्थ ते थर्मोडायनामिक प्रक्रियेवर अवलंबून असतात, मी तुम्हाला पुन्हा आठवण करून देण्यासाठी  $du$  लिहीन की  $u$  पथ स्वतंत्र आहे हे  $u$  च्या प्रारंभिक आणि अंतिम स्थितीवर अवलंबून असते किंवा अंतिम स्थिती  $du$  वर अवलंबून असते. थर्मोडायनामिक व्हेरिअबल्समधील प्रारंभिक आणि अंतिम टप्प्यातील फरक त्यामुळे आयसोबॅरिक प्रक्रियेचा दाब स्थिर असतो म्हणून आपण हे एकत्रीकरण अगदी सहजपणे करू शकतो ठीक आहे, इंटरग्रल मधून दाब काढून टाका तो एक स्थिर आहे त्यामुळे त्याचे  $pv$  दोन वजा  $v$  एक त्याचे फक्त  $p$  गुणा  $v$  दोन वजा  $v$  एक आणि मी दोन्ही केसेसमध्ये आदर्श वायूबद्दल बोलत असल्याने त्याचा  $pv$   $one$  हा प्रारंभिक स्थितीत  $nrt$   $1$  च्या बरोबरीचा आहे  $pv$   $2$  अंतिम स्थितीत  $nrt$   $2$  च्या बरोबरीचा आहे म्हणून तो फक्त तापमानातील फरकाने दिला आहे म्हणून मी दबाव ठेवला आहे कॉन्स्टंट ओके व्हॉल्यूम आणि तापमान हे दोन्ही प्रमाण बदलतात म्हणून  $p$  स्थिर  $v$  आणि  $t$  बदलतात आणि हे माझे पूर्ण काम आहे मी ते पूर्णपणे व्हॉल्यूममधील बदल किंवा तापमानातील बदलाच्या संदर्भात व्यक्त करून लिहू शकतो कारण मी आयडी वापरत आहे **ea** **l** **gas** आणि मी अर्ध-स्थिर प्रक्रिया करत आहे, जर मी कोणतीही अर्ध-स्थिर प्रक्रिया करत नाही, तर मी जलद बदल करतो, मी एका राज्यातून दुसऱ्या स्थितीत खूप वेगाने जाऊ शकतो, परंतु मला सुरुवातीला प्रतीक्षा करावी लागेल ती  $pv$   $one$   $t$   $one$  सह समतोल होती. शेवटी ते समतोल गाठू शकते जे पीव्ही टू टी टू आहे परंतु मी असे म्हणू शकत नाही की हे काम पूर्ण झाले आहे कारण मी अर्ध स्थिर प्रक्रिया केली नाही उलट मी एक जलद बदल केला आणि शेवटी मला सिस्टम समतोल होण्याची प्रतीक्षा करावी लागेल हे दुसरे आहे प्रक्रिया म्हणून दोन थर्मोडायनामिक प्रक्रिया आपण आधीच शिकलो आहोत एक म्हणजे समतापीय प्रक्रिया आणि दुसरी **isobaric** प्रक्रिया आहे तिसरी एक **isochoric** प्रक्रिया जाऊ देते त्यामुळे आवाज स्थिर ठेवला जातो मी कंटेनरचा आवाज लगेच बदलू देत नाही हे मला माहित आहे की मी परवानगी देत नाही मी इथे लिहिल्याप्रमाणे कोणतेही काम नाही काम नाही, मी सिस्टीमवर कोणतेही काम करत नाही किंवा सिस्टम बाकीच्या विश्वावर कोणतेही काम करत नाही, त्यामुळे व्हॉल्यूम स्थिर ठेवला जातो म्हणून केलेले काम शून्याच्या बरोबरीचे असले पाहिजे.  $pdv$  ठीक आहे काम झाले मी तुम्हाला पुन्हा आठवण करून देतो मी तुम्हाला इंटरग्रल  $pdv$  सांगितले होते की हा  $dv$  शून्य असेल तर  $dv$  शून्य असेल तर नेट वर्क केले नाही, त्यामुळे गॅसला पुरवलेली उष्णता अंतर्गत उर्जेत रूपांतरित होते हे पहिले उदाहरण आहे मी म्हणालो की मी थोडी उष्णता पुरवत आहे ठीक आहे तर तुम्हाला आठवत असेल की हे या परिस्थितीचे प्रतिनिधित्व करते मी त्या परिस्थितीबद्दल बोलत होतो जिथे मी म्हणालो होतो की डेल्टा  $q$  हे किंवा हे तुम्ही जे काही नोटेशन पसंत कराल ते सिस्टमला पुरवले जाणारे उष्णतेचे प्रमाण आहे परंतु तेथे कोणतेही यांत्रिक कार्य ठीक नाही म्हणजे त्यात वाढ झाली पाहिजे अंतर्गत उर्जा जी मी येथे दाखवत आहे की अंतर्गत उर्जेत वाढ होत आहे तो पहिला कायदा आठवा पहिला कायदा आठवा मी असे म्हणत नव्हतो की डेल्टा  $w$  आणि डेल्टा  $z$  डब्ल्यू संरक्षित आहेत ठीक आहे मी म्हणत आहे की डेल्टा  $w$  डेल्टा  $z$  डब्ल्यू आणि  $z$  घ्या जर तुम्हाला सर्व एकत्र आवडत असेल तर आणि मग तुम्ही एकूण ऊर्जेचे संवर्धन करू शकता जो थर्मोडायनामिक्सचा माझा पहिला नियम आहे, म्हणूनच आंतरिक ऊर्जा आवश्यक आहे अंतर्गत ऊर्जा वापरण्यासाठी आवश्यक आहे एकूण ऊर्जा शोषून घेतलेली उष्णता तापमान वाढते आणि म्हणूनच अंतर्गत उर्जा तुम्हाला आठवण करून देते की मी आदर्श वायू प्रणालीबद्दल बोलत आहे अंतर्गत ऊर्जा ही तापमानाशी थेट प्रमाणात असते जर मी प्रणालीला थोडी उष्णता पुरवली तर त्यामुळे तापमान वाढते आणि त्यामुळे अंतर्गत उर्जेत वाढ होते ही तीन उदाहरणे देखील कार्य पूर्ण झाल्याचे सिद्ध करतात. गॅसद्वारे हे थर्मोडायनामिक प्रक्रियेवर अवलंबून असते म्हणून मी करत असलेल्या कामाचे प्रमाण प्रक्रियेवर अवलंबून असते म्हणूनच ही नोटेशन डेल्टा  $z$  डब्ल्यू ओके पथ मार्गावर अवलंबून असते म्हणजे मी जी प्रक्रिया घेतो त्या प्रक्रियेमध्ये दोन किंवा अनेक थर्मोडायनामिक असू शकतात प्रक्रिया पहिल्या सहामाहीत समस्थानिक असू शकतात दुसरी समतापीय आहे आम्ही या प्रकारच्या एकाधिक प्रक्रिया पाहू जेव्हा मी हीट इंजिन किंवा स्पष्टपणे बोलतो तेव्हा मी उष्णता इंजिन किंवा रेफ्रिजरेटर्सबद्दल बोलतो तेव्हा या गोष्टी स्पष्ट होतील ते उदाहरणार्थ आयसोबॅरिक प्लस आइसोथर्मल असू शकतात एका थर्मोडायनामिक स्थितीतून दुसऱ्या थर्मोडायनामिक स्थितीत जाण्यासाठी अनेक प्रक्रिया ठीक आहे हे एक उदाहरण आहे आणि केलेले कार्य पूर्णपणे अवलंबून असेल मी प्रक्रिया केली आहे जी अंतर्गत उर्जेतील महत्त्वाचा बदल आहे जर मी नेहमी त्याच प्रारंभिक अवस्थेपासून सुरुवात केली आणि नेहमी त्याच अंतिम अवस्थेपर्यंत पोहोचलो तर ते फक्त प्रारंभिक आणि अंतिम अवस्थेवर अवलंबून असते, तंतोतंत सांगायचे तर ते तापमानातील फरकावर अवलंबून असते. मी आदर्श वायूबद्दल बोलत आहे ठीक आहे, आता अंतिम गोष्ट आली आहे अँडियाबॅटिक प्रक्रियेत काय काम केले जाते अँडियाबॅटिक प्रक्रिया येथे क्लिष्ट आहे डेल्टा  $w$   $0$  च्या बरोबरीचे आहे हे महत्त्वाचे आहे डेल्टा  $w$   $0$  च्या बरोबरीचा आहे याचा अर्थ डेल्टा  $w$  समान असणे आवश्यक आहे. डेल्टा  $w$  चे हे खूप महत्त्वाचे आहे  $w$  पथावर अवलंबून आहे ठीक आहे पण  $du$  नाही म्हणून जर माझ्याकडे **adiabatic** प्रक्रिया असेल तर  $w$  स्वतंत्र मार्ग असेल हे मी यांत्रिकी मध्ये सांगण्याचा प्रयत्न करत होतो पुराणमतवादी शक्ती फील्ड वर्क हे पथ स्वतंत्र आहे या संकल्पनेत आणले आहे संभाव्य संभाव्य उर्जा जर तुम्हाला आवडत असेल तर इथे  $w$  हा स्वतंत्र मार्ग आहे जो अंतर्गत उर्जेची संकल्पना देतो ठीक आहे हा माझा डेल्टा  $w$  आहे जो  $p$  डेल्टा  $v$  आहे ज्याची मी व्याख्या केली आहे आता आपण पुन्हा करूया **11** काइनेटिक थिअरीमध्ये आम्ही  $cv$  आणि  $cp$  ची व्याख्या केली आहे ठीक आहे आम्ही **equi** विभाजन प्रमेय वापरला आणि स्वातंत्र्याच्या अंशांची संख्या मोजली आणि नंतर आम्ही सहजपणे शोधू शकलो की विशिष्ट उष्णतामध्ये योगदान देणाऱ्या स्वातंत्र्याच्या अंशांची संख्या किती आहे आणि मी  $cp$  वजा  $cv$  वापरला. आदर्श वायूच्या एका मोलसाठी  $r$  च्या बरोबरीचे आहे आणि मी म्हणालो की मी त्या वेळी कोणताही पुरावा देणार नाही आता ही वेळ आहे की आपण याकडे अधिक गंभीरपणे पाहू शकतो त्यामुळे आयसोकोरिक प्रक्रिया म्हणजे व्हॉल्यूम स्थिर आहे लक्षात ठेवा कोणतेही कार्य केले गेले तर व्हॉल्यूम स्थिर नाही. स्थिरांक मी  $cv$  परिभाषित करू

शकतो म्हणजे कॅलरीमेट्री आपल्याला शिकवते की डेल्टा  $q$  ही उष्णतेचे प्रमाण आहे असे म्हणू या प्रणालीला पुरवले जाते आणि डेल्टा  $q$  ही तापमानातील बदलाशी संबंधित आहे म्हणून डेल्टा  $q$  द्वारे डेल्टा  $T$  द्वारे  $v$  स्थिर ठेवणे हे संकेतन म्हणजे  $v$  ठेवत आहे. कॉन्स्टंट मला या मार्गाने जाऊ द्या म्हणजे हे  $v$  स्थिर ठेवते हे सतत  $v$  ठेवते त्याचप्रमाणे जर तुम्ही आयसोबॅरिक प्रक्रियेतील आयसोबॅरिक प्रक्रियेचा विचार केला तर तुम्ही दाब स्थिर ठेवता ठीक दाब स्थिर असतो म्हणून ही डेल्टा  $q$  क्वी उष्णता आहे सिस्टीमला पुरवठा केला जातो डेल्टा  $q$  ही तापमानात वाढ होते परंतु दबाव स्थिर ठेवला जातो  $cp$  हे ठीक आहे डेल्टा  $q$  डेल्टा  $q$  काय आहे हे आम्हाला पहिल्या कायद्यापासून आधीच माहित आहे कारण मी तेथे डेल्टा  $q$  प्लस डेल्टा  $q$  डब्ल्यू लिहिले आहे जे डेल्टा  $q$  प्लस  $p$  डेल्टा  $q$  शिवाय काहीही नाही ऑफ  $v_i$  मी येथे डेल्टा लिहित आहे आणि  $qu$  आणि  $w$  साठी सातत्यपूर्ण नोटेशन समान नोटेशन आहे परंतु हे दोन्ही मार्गावर अवलंबून आहेत हे कधीही विसरू नका तर डेल्टा  $u$  असे करत नाही, जर मी हा दाब स्थिर ठेवला तर मला हा व्युत्पन्न दबाव स्थिर ठेवायचा आहे आणि  $dt$  ला मर्यादित ठेवायचे आहे. शून्य दाब स्थिर असल्यामुळे मला काय कळते पहिला तुकडा अंतर्गत ऊर्जेतून येईल आणि नंतर दाब बाहेर पडतो तो स्थिर असतो ही एक आयसोबॅरिक प्रक्रिया असते

त्यामुळे डेल्टा  $v$  डेल्टा  $T$  दाब स्थिर ठेवतो म्हणून हा माझा सीव्ही आहे हा माझा सीपी आहे आणि मला हवे आहे सीपी आणि सीव्ही मधील फरक काय आहे हे जाणून घ्या हे महत्वाचे आहे कारण आमचा उद्देश काय आहे आम्ही अँडियाबॅटिक प्रक्रियेमध्ये पीडीव्हीची गणना करू इच्छितो अँडियाबॅटिक प्रक्रियेत तापमान स्थिर तापमानात बदल होणार नाही तो एक isot नाही हर्मल प्रक्रिया जर तापमानात बदल झाला तर आपल्याला लगेच कळते की अंतर्गत उर्जेमध्ये देखील बदल होईल

त्यामुळे तापमानात बदल झाल्यामुळे अंतर्गत उर्जेत बदल होतो आणि मी एकतर  $pv$  is equal to constant वापरू शकत नाही मी असे म्हणू शकत नाही की ही समतापिक प्रक्रिया नाही आहे हे आम्हाला माहित आहे  $pv$  आहे आदर्श वायूसाठी  $rt$  च्या बरोबरीने आदर्श वायूचा एक मोल जर तापमान स्थिर असेल तर मी म्हणू शकतो की  $pv$  स्थिर बरोबर आहे परंतु ही समतापीय प्रक्रिया नाही म्हणून तापमान स्थिर नाही म्हणून मी असे म्हणू शकत नाही की  $pv$  स्थिरांकाच्या समान आहे सावधगिरी बाळगणे प्रथम उद्देश म्हणजे adiabatic प्रक्रियेत गणना करणे हा आहे  $t$  स्थिर नाही आम्ही  $pv$  is equal to constant वापरू शकत नाही जो  $rt$  आहे ऐवजी adiabatic प्रक्रियेसाठी माझ्याकडे दुसरे काही समीकरण असले पाहिजे काही इतर संबंध संबंध जे मी जात आहे ते खूप महत्वाचे आहे तुमच्यासाठी हा संबंध  $pv$  gamma is equal to constant आहे आधीच्या सारखा स्थिरांक असण्याची गरज नाही भिन्न स्थिर ठीक आहे जे मी तुमच्यासाठी आता एक आदर्श वायू मिळवणार आहे कारण आम्ही  $id$  शी व्यवहार करत आहोत.  $eal$  gas आम्ही भाग्यवान आहोत ठीक आहे आम्ही एका आदर्श वायूसाठी भाग्यवान आहोत  $u$  हे केवळ तापमानाचे कार्य आहे म्हणून हे व्युत्पन्न जर मी व्युत्पन्न स्वरूपात लिहिले तर त्याचा डडट व्हॉल्यूम स्थिर आहे परंतु हा फेलो तापमानाचे कार्य आहे त्याचप्रमाणे हा दाब स्थिर ठेवणारा आहे ठीक आहे म्हणून ही दोन डेरिव्हेटिव्हज मी अंतर्गत उर्जा फक्त तापमानाचे कार्य म्हणून गृहीत धरत आहे

त्यामुळे या दोन गोष्टींना काहीच अर्थ नाही कारण अंतर्गत उर्जा हे तापमानाचे कार्य आहे फक्त हे दोन्ही समान आहेत आता हे समीकरण पहा तुमच्याकडे काय आहे  $cp$  हे प्रमाण काय आहे तुम्ही  $p$  delta  $v$  delta  $t$  ची गणना करत आहात आणि तुम्ही ताबडतोब या समीकरणावर पोहोचू शकता हा तुमचा  $cp$  आहे हा तुमचा  $cv$  आहे तुमच्याकडे फक्त  $cp$  उणे  $cv$  हे  $p$  del  $v$  del  $t$   $p$  च्या बरोबरीचे आहे आणि जर तुम्ही त्याची एक तीळ मोजली तर आदर्श वायू ज्यासाठी तुम्हाला आधीच माहित आहे की  $pv$  हे  $rt$   $pv$  समान आहे  $rt$  च्या समान आहे जर तुम्ही या प्रमाणाची गणना केली तर हे लगेच तुम्हाला  $cp$  वजा  $cv$   $r$  च्या बरोबरीचे आहे हे या संबंधाचा एक अतिशय सोपा पण अतिशय अभ्यासपूर्ण पुरावा आहे की एका तीळ ओ साठी  $f$  आदर्श वायू  $cp$  वजा  $cv$  नेहमी  $r$  च्या बरोबर असतो हे सिद्ध केले जाऊ शकते हे मी अगदी सोप्या पद्धतीने दाखवले आहे मी पुन्हा सांगतो  $Cv$  म्हणजे अंतर्गत ऊर्जेमध्ये बदल होतो जेव्हा तुम्ही तापमानात  $f$  प्रमाणात डेल्टा  $T$  ठेवून  $v$  स्थिर  $cp$  ने बदलता  $p$  स्थिरांक आहे त्यामुळे त्याचा एक तुकडा असेल हा आणि ही जागा हा हा अतिरिक्त तुकडा आहे आता मी असा युक्तिवाद करत आहे की आदर्श वायूसाठी माझ्याकडे हे प्रमाण नेहमी या प्रमाणात या  $p$  आणि  $v$  सारखे असले पाहिजे जे मी येथे लिहिले आहे ते करतात अर्थ घेऊ नका कारण आदर्श वायूसाठी  $u$  हे तापमानाचे कार्य आहे फक्त जर असे असेल तर ही पहिली टर्म  $cp$  वजा  $cv$  जर तुम्ही हे टर्म रद्द केले तर या टर्मसह तुमचे सर्व बाकी आहे आणि जर तुम्ही वापरून गणना केली तर  $pv$  is equal to  $rt$  इथे तुम्हाला फक्त  $cp$  वजा  $cv$  is equal to  $r$  मिळतो म्हणून मी तुमच्यासाठी काही मूलभूत युक्तिवादांसह सिद्ध केले आहे की  $cp$  वजा  $cv$   $r$  बरोबर आहे आता मला हे तुमच्यासाठी स्थापित करावे लागेल मी काय आहे ते परिभाषित केले नाही. तुमच्यासाठी गामा

त्यामुळे मला गॅमा काय आहे ते ठरवावे लागेल आणि ते येथे पोहोचले पाहिजे  $s$  संबंध म्हणून पुढे जाऊ या, तर उद्देश आहे की अँडियाबॅटिक प्रक्रियेसाठी स्थिर काय आहे हे जाणून घेणे हा आहे जसे की समथर्मल प्रक्रियेमध्ये  $pv$  स्थिर आहे म्हणून आपण पुढे जाऊ या म्हणून डेल्टा  $q$  शून्य आहे कारण मी अँडियाबॅटिक प्रक्रियेबद्दल बोलत आहे  $du$  हे प्रमाण आहे जे करू शकते. सहज शोधून काढा ठीक आहे हा  $p$  डेल्टा  $v$  आता  $du$  आदर्श वायूच्या एक तीळ बदल बोलत आहे म्हणून  $du$  is equal to  $cvdt$  तेच मी इथे बदलले आहे तुम्हाला सहज लक्षात येईल  $cv$   $t$  plus constant लक्षात ठेवा तेच मी अभिव्यक्ती म्हणून लिहिले आहे अंतर्गत उर्जा ही स्थिरांक कधीही महत्वाची नसते कारण मी नेहमी अंतर्गत उर्जेतील फरकाच्या संदर्भात बोलून म्हणून हे महत्वाचे आहे कोणतेही थर्मोडायनामिक विस्तृत चल जसे की अंतर्गत उर्जा मुक्त उर्जा इत्यादी. तुम्ही तुमच्या संधाव्य ऊर्जेचे शून्य कोठे सेट करता ते बदलू नका म्हणजे  $cv$   $dt$  वजा  $pdv$  आहे हे फक्त या समीकरणातून आहे एकदा तुम्ही म्हटल्यावर डेल्टा  $q$  हे शून्याच्या बरोबरीचे आहे ते पहिल्या नियमाचे पालन करते म्हणून मी लिहू शकेन डिफरेंशियल फॉर्ममध्ये आता  $cvdt$  is equal to minus  $rt$  delta  $v$  by  $v$  मी जे केले आहे ते मी बदलले आहे  $p$  is equal to  $rt$  by  $v$  मी इथे लिहू द्या बहुधा  $p$   $rt$  च्या बरोबर  $v$  बरोबर ठीक आहे म्हणून माझ्याकडे  $cv$   $dt$   $p$   $dv$  ची जागा आहे  $p$   $rt$  over  $v$  आणि आधीच्या स्लाइडमध्ये आम्ही स्वतः सिद्ध केले आहे की  $cp$  उणे  $cv$  समान आहे  $r$  म्हणून  $cp$  उणे  $cv$  समान आहे  $r$  आणि तुम्हाला अशी अभिव्यक्ती मिळेल मी ते येथे पुन्हा लिहितो म्हणजे  $cv$   $dt$  समान  $cp$  बरोबर आहे. वजा  $cv$  द्वारे  $v$  वेळा  $t$  आणि सुसंगत होण्यासाठी आपण  $delta$   $v$  देखील विभेदक स्वरूपात लिहूया ठीक आहे, तर हे समीकरण आहे  $cv$   $dt$  समान आहे वजा  $cp$  वजा  $cv$  वर  $v$  गुणा  $t$  मध्ये  $dv$   $ok$  सर्व काही विभेदक स्वरूपात आहे आता आणि आता  $i$  शेवटी आता या समीकरणावर पोहोचू शकेन, मी इथे गामा कुठे आहे हे जाणूनबुजून लिहिलेले नाही, तुम्ही ताबडतोब पाहू शकता की गामा हे सीव्ही द्वारे सीपीशिवाय दुसरे काहीही नाही त्यामुळे विशिष्ट उष्णता क्षमतेचे स्थिर दाब आणि स्थिर दाबाने विशिष्ट उष्णता क्षमतेचे गुणोत्तर जो तुमचा गॅमा आहे ते  $cp$  द्वारे  $cv$  चांगले आहे म्हणून हे समीकरण आता तुमच्याकडे आहे  $i$  स्पष्टतेसाठी ते पुन्हा लिहा  $dt$  by  $t$  is equal to one minus gamma  $dv$  by  $v$  आता तुम्ही समाकलित करू शकता जर तुम्ही समाकलित केले तर तुम्हाला हा परिणाम मिळेल त्याचे अगदी सोपे एकत्रीकरण तुम्हाला नेहमी माहीत आहे  $dt$  द्वारे  $t$  समाकलित केल्यास तुम्हाला लॉग मिळेल  $t$  ठीक आहे ते नेमके काय आहे मी येथे  $\log$   $t$  वन मायनस गॅमा लॉग  $v$  अधिक काही स्थिरांक लिहिले आहेत जे एकीकरणातून येतात आणि

त्यामुळे मला  $t$  हे  $v$  च्या पॉवर वन मायनस गॅमा च्या प्रमाणात आहे

त्यामुळे माझा एक अँडियाबॅटिक प्रक्रियेची संबंध आहे ठीक आहे मी ते अधिक ठेवू शकतो. संक्षेप फॉर्म जर मी पुढे गेलो तर माझ्याकडे हे नाते होते जे मला सांगत होते की  $t$  हे  $v$  च्या सामर्थ्याचे प्रमाण आहे एक वजा गॅमा  $t$  शक्ती एक वजा गामा  $v$  च्या प्रमाणात आहे किंवा मी  $t$  लिहू शकतो  $v$  शक्तीच्या काही स्थिर वेळेच्या समान आहे एक वजा गामा आता वापरत आहे  $pv$  म्हणजे  $rt$  बरोबर तुमच्याकडे पीव्ही गॅमा असलेली समतापिक प्रक्रिया स्थिर असते प्रत्येक क्षणी अर्ध-स्थिर प्रक्रिया असते ती समतोल असते आणि तिचा  $pv$  स्थिर असतो ही तुमची समथर्मल प्रक्रिया आहे अँडियाबॅटिक प्रक्रियेची संबंधित संबंध काय आहे हे लक्षात ठेवा अँडियाबॅटिक प्रक्रिया देखील अर्ध-स्थिर असते परंतु तापमान स्थिर नसते उलट तुम्ही अँडियाबॅटिक प्रक्रियेसाठी

पीव्ही गॅमा हे स्थिरांक बरोबर आहे  $p_v$  गॅमा स्थिरांकाच्या बरोबरीचे आहे जे जेव्हा आपल्याला हे काम अॅडियाबॅटिक प्रक्रियेत करायचे असेल तेव्हा आपल्याला वापरावे लागेल ठीक आहे हा स्थिरांक लक्षात ठेवा जर मी  $c$  समतापिक म्हंटले तर हा स्थिरांक  $c$  आहे.  $adiabatic\ ok$  कदाचित मी हे खालील प्रकारे लिहू शकेन की समतापीय प्रक्रिया  $pivi$  मध्ये ती प्रारंभिक स्थितीचा संदर्भ देत नाही तर ती प्रक्रिया संदर्भित करते ठीक आहे कदाचित अचूक होण्यासाठी मी भांडवल ओके वापरतो

त्यामुळे  $pi\ vi$  म्हणजे समतापीय प्रक्रिया एक स्थिर  $ci$  आहे  $adiabatic$  प्रक्रियेसाठी  $adiabatic$  प्रक्रियेसाठी दुसरीकडे तुमच्याकडे  $pava\ gamma$  आहे काही इतर स्थिर  $ca\ ok$  येथे सबस्क्रिप्ट्स प्रक्रियेचा संदर्भ घ्या आता प्रारंभिक मूल्य नाही तर मी तुम्हाला दोन समताप किंवा दोन  $p_v$  आकृत्या समतापीय नाही मी स्वतःला दुरुस्त करतो  $adiabatic$  प्रक्रिया तापमान स्थिर नाही म्हणून मी तुम्हाला दोन वक्र दोन  $p_v$  आकृत्या देतो आणि तुम्हाला प्रश्न विचारतो की एक  $adiabatic$  आहे आणि दुसरा  $isothermal$  आहे कोणता  $isothermal\ is\ a\ adiabatic$  आहे मी हा प्रश्न तुमच्याकडे सोडतो आणि पुढच्या व्याख्यानाच्या सुरुवातीला आपण  $p_v$  विमानावरील  $p_v$  आकृतीमध्ये दोन वक्र दिलेले आहेत त्याकडे येऊ, ठीक आहे मी तुम्हाला सांगत आहे की एक समतापीय आहे आणि एक  $adiabatic$  आहे, तुम्हाला मला सांगवा लागेल की कोणते  $adiabatic$  आहे आणि कोणते आहे. समतापीय परंतु वक्र बघून किंवा त्याऐवजी वक्रांचा उतार पाहून हा एक इशारा आहे,

त्यामुळे आमचा प्रारंभिक उद्देश अॅडियाबॅटिक प्रक्रियेत केलेल्या कामाची गणना करणे हा होता आणि अॅडियाबॅटिक प्रक्रिया क्लिष्ट आहे तुम्ही  $p\ one\ v\ one\ t\ one$  कडे जात आहात.  $p$  दोन  $v$  दोन  $t$  दोन ओके आधी लक्षात ठेवा आम्ही त्यापैकी एक आयसोथर्मल प्रक्रियेत स्थिर ठेवत होतो मी आयसोकोरिक प्रक्रिया निश्चित करत होतो मी आयसोबॅरिक प्रक्रियेत  $v$  निश्चित ठीक आहे मी  $p$  निश्चित ठेवले होते परंतु जेव्हा माझ्याकडे अॅडियाबॅट असते  $ic$  प्रक्रियेमुळे सर्व थर्मोडायनामिक व्हेरिएबल्स बदलतात परंतु एक महत्त्वाचे सरलीकरण आहे  $p\ one\ v\ one\ gamma\ is\ equal\ to\ p\ two\ v\ two\ gama$  हेच मी तुमच्यासाठी चांगले सिद्ध केले आहे आता काय काम केले आहे मला  $wv\ one\ to\ v$  ची गणना करायची आहे दोन आणि नंतर  $p\ dv$  जे आता मी लिहू शकतो कारण हे नेहमी समाधानी आहे ही एक अर्ध स्थिर प्रक्रिया आहे प्रत्येक क्षणी हे समाधानी आहे मी ते  $c$   $adiabatic$  म्हणून लिहू शकतो आणि नंतर  $dv\ by\ v\ to\ the\ power\ gama\ v\ one\ to\ v\ two$  ठीक आहे आता तुम्ही सर्व तुम्हाला हे अविभाज्य करावे लागेल आणि जर तुम्ही हे अविभाज्य केले तर तुम्हाला कळेल की मी तुमच्यासाठी अविभाज्य करत नाही आहे असे तुम्ही सहज करू शकता ते एक वजा गामा  $p$  दोन  $v$  दोन वजा  $p$  एक  $v$  एक हे आहे. अॅडियाबॅटिक प्रक्रियेत स्वयंचलित प्रक्रियेत केलेले कार्य खूप क्लिष्ट आहे कारण सर्व थर्मोडायनामिक्स व्हेरिएबल बदलतात परंतु हे स्थिर ठेवतात आणि ते आम्हाला पूर्ण केलेल्या कामासाठी बंद फॉर्म अभिव्यक्ती शोधण्यास सक्षम करते आणि हे केलेल्या कामासाठी अभिव्यक्ती आहे आणि आता  $p\ v$  आहे.  $RT$  च्या बरोबरीने नेहमीच समाधानी असते  $ed$  शेवटी हा आदर्श वायू आहे त्यामुळे तो सुरुवातीला समाधानी आहे शेवटी  $OK$  मध्येही

त्यामुळे तुम्ही याला  $rt\ one$  वजा  $t$  दोन द्वारे गामा वजा एक  $OK$  असे लिहू शकता हे अंतिम उत्तर आहे आणि गॅमा नेहमी एकापेक्षा मोठा असतो कारण  $cp\ cv$  पेक्षा जास्त असतो. हे अॅडियाबॅटिक प्रक्रियेत केले जाणारे काम आहे आणि मी पुढील व्याख्यानात याकडे परत येईन आणि आजच्या व्याख्यानाचे सार काय आहे मी गॅशने केलेल्या कार्याबद्दल बोललो आणि तुमच्यासाठी हे स्थापित केले की ते थर्मोडायनामिक प्रक्रियेवर अवलंबून असते ठीक आहे कोणतीही प्रक्रिया तुम्ही घ्या ते थर्मोडायनामिक प्रक्रियेवर अवलंबून असते उदाहरणार्थ आयसोकोरिक प्रक्रियेत ती  $0$  असते सर्वात क्लिष्ट अॅडियाबॅटिक प्रक्रिया मी तुम्हाला पुढील लेक्चरमध्ये एक अभिव्यक्ती दिली आहे आम्ही पुन्हा अॅडियाबॅटिक प्रक्रियेपासून सुरुवात करू आज धन्यवाद