

म्हणून या व्याख्यानात चौथ्या व्याख्यानात मी थोडीशी परस्परसंवादी प्रणालींवर चर्चा करणार आहे त्याआधी मी तिसऱ्या व्याख्यानात जे काही केले होते त्याचे किमान काही पैलू पुन्हा सांगू दे म्हणून हे आमचे व्याख्यान क्रमांक चार आहे आम्ही विशिष्ट उष्णता क्षमतेबद्दल जे बोललो ते आठवून सुरुवात करू.

आम्ही cv विशिष्ट ही संकल्पना मांडतो

ती स्थिर दाबाने मोजली जाणारी स्थिर मात्रा cp विशिष्ट उष्णता मोजली जाते

आणि cp उणे cv cp उणे cv हे आदर्श वायूसाठी r च्या बरोबरीचे असते

हे मी सिद्ध केले नाही परंतु आम्ही हे फॉर्म स्वीकारले ज्या तीन परिस्थितींमध्ये आम्ही बोललो

सर्वात महत्वाचे काय आहे ते म्हणजे ऊर्जेचे समान विभाजन ठीक आहे, मी म्हणतो की प्रत्येक अंश स्वातंत्र्य उर्जेमध्ये अर्धा केटी योगदान देतो ठीक आहे याला म्हणतात समतुल्य विभाजन प्रमेय काय आहे महत्वाची ऊर्जा दोन मीटर ओके p चौरस बरोबर आहे म्हणून हे चतुर्भुज स्वरूप हा अर्धा के. टी.

चा प्रकार असण्यामध्ये ऊर्जा खूप महत्वाची आहे,

म्हणून आता आम्ही ते मोनो अणु वायूसाठी मोनो अणु मोनो अणु वायूसाठी केले आहे आम्हाला माहित आहे की

फक्त मुक्त अंश आहेत om

so n मोनोअॅटॉमिक गॅसचे रेणू

तीन बाय दोन $nkbt$ ओके तीन ही ऊर्जा योगदान देतील कारण ते

मोमेंटाचे तीन आयाम आहेत आणि प्रत्येक मला अर्धा kt n देणारा

रेणूंची एकूण संख्या आहे म्हणून मला आढळले cv 3 बाय 2 च्या बरोबरीचा असावा r आणि cp समान आहे

पाच बाय दोन r ठीक आहे म्हणून ही सर्वात सोपी परिस्थिती आहे जिथे आपण फक्त अनुवादात्मक

अंश स्वातंत्र्य असू शकतो जर मी डायटॉमिक स्थितीत गेलो तर डायटॉमिक रेणू डायटॉमिक रेणू आपण सावध असले पाहिजे

कारण मी शेवटच्या वर्गात जे केले ते एक आहे कठोर अंदाजे मी तुम्हाला त्यापलीकडे घेऊन जाईन

आणि कंपन मोड देखील सांगेन जेणेकरून मी शेवटच्या लेक्चरमध्ये ट्रान्सलेशनल प्लस रोटेशनल आणि व्हायब्रेशनल

असू शकेन या दोन भागांवर मी डायटॉमिक रेणू ट्रान्सलेशनल आणि रोटेशनल गृहीत धरून एक कठोर

डायटॉमिक अणू अनुवादित केले आहे.

स्वातंत्र्य खूप सोपे आहे ते मला तीन

बाय दोन एनकेबीटी देतील कारण ते त्रिमिती आहे परंतु जर तुम्ही रोटेशनचा विचार केला आणि जर तुम्ही खात्री केली तर मला

की तिथे एक डंबेल सारखी रचना आहे ही लांबी निश्चित केली जात आहे ही कठोर

अंदाजे आहे मग तुमच्याकडे दोन रोटेशन अक्ष असू शकतात ज्याचा तुम्ही बोर्डवर झोपण्याचा विचार करू शकता,

हे वस्तुमानाचे केंद्र आहे असे म्हणूया की एक बोर्डवर पडलेला आहे इतर हे बोर्डमधून बाहेर येत आहे

किंवा बोर्डमध्ये जात आहे आणि आम्हाला माहित आहे की रोटेशनल गतिज

ऊर्जा या दोन मोडशी संबंधित रोटेशनल काइनेटिक ऊर्जा या दोन मोड्सच्या अर्ध्या i ओमेगा स्केअरच्या स्वरूपात असतील या दोन

संज्ञा जडत्वाच्या क्षणी येतील आपण ते लिहूया आपण काढलेल्या अक्षाशी संबंधित हा फॉर्म

आणि पुन्हा एकदा अक्ष दोनशी संबंधित दुसरा असेल हा चतुर्भुज फॉर्म

कोनीय वेगासह खूप महत्वाचा आहे मला अर्धा केटी देईल त्यामुळे

मला दोन घूर्णन अंशांमुळे आणखी अर्धा केटी दोनमध्ये मिळू शकेल.

स्वातंत्र्य अधिक kbt हे मी

शेवटच्या वर्गात केले होते यामुळे मला पाच बाय दोन मिळतात आणि मी तुम्हाला

हा फॉर्म पाच बाय दोन kbt दिल्यास cp काय आहे हे तुम्ही लगेच शोधू शकता जर माझ्याकडे n असेल तर रेणू मला येथे एक n

असणे आवश्यक आहे म्हणून

cv पाच बाय दोन r ने दिले जाईल पण इतकेच नाही कंपन मोड असू शकतात

आता हा कंपन मोड मी शेवटच्या वर्गात f म्हणून लिहिला होता पण काळजी घेणे आवश्यक आहे

ठीक आहे मी f बाय म्हणतो $2f$ by 2 तुम्ही जोडू शकता परंतु येथे सावधगिरी बाळगली पाहिजे की ती

सावधगिरी बाळगली पाहिजे का कंपन मोड एका साध्या हार्मोनिक ऑसिलेटरमध्ये साध्या हार्मोनिक ऑसिलेटर सारख्या परिस्थितीशी

संबंधित

आहे ज्यामध्ये aq आहे आणि तेथे ap आहे ज्याची मी चर्चा

केली आहे.

शेवटचा वर्ग जर आमच्याकडे p फॉर्मचा e असेल तर $2m$ अधिक अर्धा kx स्केअर माझ्याकडे

2 अंश स्वातंत्र्य आहे कारण मी तुम्हाला सांगितले होते की माझी स्वातंत्र्याची अंश मोजण्याची शैली

p 1 x प्रमाणे दुसरा असेल म्हणून ते देईल मी तपमानावर सम विभाजन पासून t जर माझ्याकडे

हार्मोनिक ऑसिलेटरची सिस्टीम एका परिमाणात असेल तर सांगा एका तापमानात ti मध्ये ऊर्जा

असेल $enkvt$ च्या बरोबरी म्हणून प्रत्येक कंपन मोड जो मी शेवटच्या वर्गात f लिहिला मी f लिहितो

दोन ने गृहीत धरून प्रत्येक कंपन मोडसाठी f दोन आहे तंतोतंत होण्यासाठी कोणी लिहू शकतो cv समान आहे

तीन बाय दोन r काही f प्राइम मध्ये काय फरक आहे ff मध्ये दोन q आणि p ok f प्राइम दोन्ही आहेत जर

मी हे जोडले तर मला cv मिळेल मला त्याचा हा भाग दुरुस्त करू द्या पाच बाय दोन मला

cv मिळत होते इकल टू टू प्लस fk प्राइम kbt ओके f प्राइम प्रत्येक कंपन मोड प्रत्येक कंपन मोडमध्ये एक समन्वय एक मोमेंटा आहे प्रत्येकी अर्धा केटी ओके योगदान देत आहे म्हणून जर तुम्ही f लिहित असाल तर एक केटीचा क्रम आहे किंवा तुम्ही ते फक्त लिहू शकता.

जोपर्यंत तुम्हाला आठवत असेल तोपर्यंत मी ते लिहीन

जर तुमच्याकडे गतीशील आणि संभाव्य दोन्ही अंश स्वातंत्र्याचे योगदान असेल तर अर्धा तयार आहे हे मला स्पष्ट करायचे आहे म्हणून जेव्हाही असेल तेव्हा लक्षात ठेवा तेथे एक कंपन मोड af आहे आणि तो f मध्ये प्रत्यक्षात गतीज उर्जेचे योगदान आहे आणि संभाव्य उर्जेचे योगदान आहे

त्यामुळे ते ठीक आहे f येथे x आणि p दोन्ही मोजले जाते, जर तुमच्याकडे एक कंपन मोड असेल तर तुमच्याकडे एक असेल हर monic oscillator एक p मला अर्धा kt देतो आणि

बाकीचा अर्धा kt या x घटकातून येतो ठीक आहे आता polyatomic molecules polyatomic ला सामान्यीकरण केले आहे

जे मी शेवटच्या वर्ग polyatomic मध्ये देखील केले होते तीन तीन

घटक असतील जे कारण येतील कठोर शरीर अंदाजे आणि

या तीनसह तुमच्याकडे हे ठीक आहे आणि येथे मी स्वतःला दुरुस्त केले पाहिजे हे असावे n

हे पाच बाय दोन तीन अधिक f मध्ये ठीक आहे हे पॉली अणू रेणूसाठी विशिष्ट उष्णता क्षमता आहे

त्यामुळे कल्पना योग्यरित्या मोजली जाते स्वातंत्र्य आणि कंपन मोडचे प्रमाण जर मला

प्रत्येक f एक भाषांतर एक संभाव्यता देत असेल तर मला एक केटी ठीक आहे हे म्हटल्यावर मी आता

अधिक तपशीलांमध्ये मीन फ्री पाथचा परिचय देईन ठीक आहे मी मीन फ्री पाथची कल्पना मांडतो पण मी ते करेन

येत्या काही मिनिटांत अधिक तपशीलवार रीतीने, ठीक आहे,

मी आत्तापर्यंत असे गृहीत धरत होतो की मुक्त मार्ग म्हणजे काय ते परिभाषित करूया, अन्यथा उल्लेख न केल्यास माझ्या वायूचे रेणू

हे वायूचे रेणू आहेत मोनो अणू रेणू आणि मी असे गृहीत धरत आहे की भिंतीशी

लवचिक टक्कर वगळता त्यांना इतर कोणतीही टक्कर होत नाही, अशा प्रकारे मी अभिव्यक्तीवर पोहोचलो

p सरासरी दाब p हा एक तृतीयांश mnc चौरस आहे परंतु ही आदर्श परिस्थिती आहे जी

फक्त मध्ये वैध आहे मर्यादा कमी करा

त्यामुळे एक मध्यम मुक्त मार्ग आहे आणि

मध्य मुक्त मार्ग हा मुख्य मुक्त मार्ग आहे जो मी शेवटच्या वर्गात देखील परिभाषित केला आहे दोन लागोपाठच्या टक्करांमधील कॅशे रेणूद्वारे पार

केलेले सरासरी अंतर आहे.

याचा अर्थ मुक्त मार्ग ठीक आहे महत्त्वाचे म्हणजे सरासरी मी

तुम्हाला या गतीज सिद्धांत व्याख्यानांच्या या संचामध्ये जे काही मिळवले आहे ते सांगितले आहे ते सरासरी फ्रेम्समध्ये सरासरी आहेत

म्हणून मी रेणूचा सरासरी वेग पुन्हा परिभाषित करतो मी त्याला v bar म्हणतो ठीक आहे आता

या रेणूने टाइम डेल्टामध्ये किती अंतर पार केले आहे t म्हणजे डेल्टा मध्ये v बार आहे t ठीक आहे

आणि आता आपण असे गृहीत धरू की या रेणूचा व्यास d समान रेणू आहे मी ते तुम्हाला एका अर्थाने सांगत आहे

मी सर्व रेणूंना व्यास आहे असे गृहीत धरू शकतो मीटर d आता हे आदर्श वायू परिस्थितीचे विचलन आहे

जिथे आम्ही सुरुवातीला अंदाजे काढले होते की आंतरआण्विक पृथक्करणाच्या तुलनेत रेणू हे बिंदू कण आहेत

पण आता मी अंदाजे काढत आहे की रेणू हे

कठीण गोलाकार आहेत हे अत्यंत महत्त्वाचे रेणू

व्यासाचे गोलाकार आहेत.

d आता मी या अंदाजे मधून मीन फील्ड फ्री पाथ कसा काढू या,

म्हणून एक सिलेंडर काढू या ठीक आहे हे v डेल्टा t आहे जे

रेणूने एका वेळेस डेल्टा t मध्ये पार केलेले सरासरी अंतर आहे आणि आता हे क्षेत्र pi d चौरस आहे असे गृहीत धरू.

ठीक आहे म्हणून हे क्षेत्र pi d चौरस आहे ही त्रिज्या d आहे पण मी आधीच आण्विक

व्यास d आहे म्हणून आण्विक त्रिज्या d ने दोन ओके होईल म्हणून मी एक सिलेंडर बांधत आहे ज्याची

लांबी ही उंची v डेल्टा t व्यास आहे d जेथे आण्विक व्यास आहे

येथे मी d ची दोन ने व्याख्या केली आहे जर मी फक्त हे क्षेत्र घेतले आणि काढले तर

हा माझा d आहे आणि हा माझा d आहे दोन बरोबर आता आपण इतर सर्व गृहीत धरू रेणू इतर सर्व रेणू स्थिर आहेत ठीक आहे हे

अंदाजे आहे परंतु मूलभूत परिणाम

जर मी हे अंदाजे बनवले नाही तर तो फारसा बदलत नाही आता तुम्ही खूप छान परिस्थिती पाहू शकता

जे मी गृहीत धरले होते की रेणू कठोर गोलाकार आहेत d व्यासाचे आता कोणतेही

रेणू जर मी विचार करू शकता सर्व रेणू स्थिर आहेत माझे लक्ष्य रेणू

ज्याबद्दल मी येथे बोललो आहे ते हलवत आहे आणि हे या सिलेंडरला या सिलेंडरच्या आत कव्हर

करते डेल्टा नंतर आता तुम्ही पाहू शकता की कोणताही रेणू याला धडकला तर त्याचे केंद्र या सिलेंडरमध्येच असले पाहिजे.

जर त्याचे केंद्र आत असेल किंवा या सिलेंडरवर इष्टतम केंद्रीकृत असेल तर तेथे टक्कर होईल ठीक आहे जी मला टक्करांची संख्या सांगते की रेणूमध्ये कोणता रेणू असेल लक्ष्य रेणू जो इतर रेणू हलवत आहे ते स्थिर असतात जेव्हा कोणतेही एक केंद्र येथे किंवा आत असते टक्कर होईल त्यामुळे टक्करांची संख्या किती आहे हे आम्हाला कसे कळेल.

sions जर मी गृहीत धरले की n ही संख्या घनता

आहे हे सिलेंडरचे क्षेत्रफळ आहे πd चौरस v सरासरी डेल्टा t ही एकूण टक्करांची संख्या आहे जी पुन्हा होईल मी येथे अंदाजे बनवत आहे मी एकसंधता गृहीत धरत आहे की घनता सर्वत्र समान आहे हे लक्ष्य रेणू कुठे फिरत आहे हे महत्त्वाचे नाही याचा अर्थ मी असे गृहीत धरत आहे की मी भिंतीपासून खूप दूर आहे, जर असे असेल तर मी टक्कर दर शोधू शकतो. प्रति युनिट वेळेस

किती टक्कर होतील,

त्यामुळे ही संख्या आहे डेल्टा t आणि नंतर लागोपाठच्या दोन टक्करांमधील

टक्करांचा कालावधी $n \pi d$ चौरस v सरासरी आहे दोन लागोपाठच्या टक्करांमधील सरासरी अंतर किती आहे हे मी सहज काढू शकतो इतके सरासरी अंतर ज्याला मी मुक्त मार्ग म्हणजे v टू टाऊ ओके म्हणून परिभाषित केले आहे v येथे v ची काळजी घेणाऱ्या τ मधील सरासरी आणि मला $n \pi d$ चौरस मिळेल तुम्ही ते सहजपणे तपासू शकता परिमाणानुसार त्याची लांबीची वास्तविक परिमाणे ठीक आहे कारण यात एक बाय 1 घन आहे हा 1 चौरस आहे त्यामुळे तुम्हाला 1 मिळेल तर हा ठराविक मीन फिफा आहे जो वायू पातळ करतो ही वस्तुस्थिती विचारात घेतो परंतु जर ते खूप पातळ असेल तर तुम्हाला दिसेल की

n हा भाजकात आहे म्हणून ही संख्या ही मध्यम मुक्त मार्गाची संख्या खूप जास्त आहे

त्यामुळे व्यावहारिक हेतूसाठी हे लांबी खूप मोठी आहे आणि

गणिताच्या उद्देशाने कोणीही असे गृहीत धरू शकते की डब्याच्या आत कोणतीही टक्कर नाही परंतु

वास्तववादी परिस्थितीसाठी n आणि d च्या संदर्भात एक मध्यम मुक्त मार्ग दिलेला आहे परंतु

मी अंदाजे काढलेल्या कथेचा तो शेवट नाही की इतर सर्व रेणू स्थिर आहेत जे खरे नाही हे स्पष्टपणे

आम्हाला माहित आहे की आमच्याकडे कोणतेही विशेष रेणू नाहीत किंवा विशिष्ट रेणू नाहीत जे सर्व रेणू

हलवत आहेत म्हणून येथे प्रत्यक्षात v सापेक्ष असणे आवश्यक आहे जे दोन रेणूंमधील सापेक्ष वेग आहे

पण ते ठीक आहे या निकालामुळे तुमच्याकडे संख्या असू शकते इतकेच बदलत नाही आणि अधिक

अत्याधुनिक गणनेमुळे ही संख्या कदाचित मूळ दोनच्या क्रमाने मिळेल परंतु आवश्यक

lly आम्हाला आढळलेले कार्यात्मक स्वरूप किंवा गणितीय स्वरूप हे खरे आहे म्हणून हे

कमी-अधिक प्रमाणात पूर्ण होते जे मला आदर्श वायूबद्दल म्हणायचे होते आता आदर्श वायूच्या पलीकडे जाण्याची आणि परस्परसंवादाची प्रणाली थोडीशी करण्याची वेळ आली आहे.

महत्त्वाच्या संवाद प्रणाली महत्त्वाच्या आहेत कारण निसर्गात आपण नेहमी फेज ट्रांझिशन पाहतो

ठीक आहे एक कप चहा बनवण्यासाठी देखील आपण पाणी उकळत असतो आपण आपल्या रेफ्रिजरेटरमध्ये डोळे पाहतो हे फेज

संक्रमण कधीही शक्य नसते कारण मी शेवटच्या वर्गात देखील जोर दिला होता की परस्परसंवादाशिवाय कधीही शक्य नाही

आणि कोणत्या प्रकारचे परस्परसंवाद ठीक आहे आपण अतिशय साधेपणाने परस्परसंवाद घेऊया

मी म्हंटले की मीन फ्री पाथ एक्सप्रेशन काढतो मी असे गृहीत धरतो की ते हॉट स्फेअर रेणू आहेत ते

एकमेकांमध्ये प्रवेश करू शकत नाहीत हे काही मर्यादितपर्यंत चांगले आहे पण खरं तर रेणू

मऊ आहेत ते काही अर्थाने आत प्रवेश करू शकतात परंतु आपण यामध्ये जाऊ नये म्हणून प्रथम मी

परस्परसंवादाचा विचार करेन जे कठीण क्षेत्र आहे रॅक्शन ओके हार्ड स्फेअर इंटरअॅक्शन म्हणजे ते एकमेकांमध्ये प्रवेश करू शकत नाहीत

हे एक मजबूत तिरस्करण ठीक आहे आणि नंतर एक कमकुवत आकर्षक परस्परसंवाद आहे परंतु खूप लहान श्रेणी ठीक आहे खूप लहान श्रेणी कमकुवत आकर्षक

परस्पर संवाद आहे जेव्हा रेणू एकमेकांपासून दूर असतात तर

जवळून एक हार्डकोर प्रतिकर्षण असेल ठीक आहे जे खूप मजबूत आहे जे मुख्यतः वर्चस्व गाजवते

आहे लहान श्रेणीमध्ये ते खूप दूर आहेत एक कमकुवत आकर्षक परस्परसंवाद आहे जो

परिमाणात खूप लहान आहे आणि लहान श्रेणीचा आहे ठीक आहे हे इलेक्ट्रो

स्टॅटिक्सपासून उद्भवले आहे परंतु मी का आणि कसे हे स्पष्ट करणार नाही पण तुम्हाला संभाव्य ऊर्जा माहित असल्याने

मी संभाव्य ऊर्जेचा वक्र काढू शकतो.

आणि r चे कार्य म्हणून तुम्ही असे म्हणू शकता की

काय होते ते दूरपर्यंत मजबूत तिरस्करणीय क्षमता आहे हे सर्वात जवळचे

अंतर रेणू आहे दृष्टीकोन आणि नंतर एक कमकुवत आकर्षक क्षमता असेल माझ्याकडे

ती या अगदी सोप्या फॉर्मच्या वास्तविक फॉर्ममध्ये सरलीकृत आहे जर तुम्हाला स्वारस्य असेल तर तुम्ही ca n दोन प्रसिद्ध शास्त्रज्ञांच्या

नावावरून त्याचे नाव शोधा
ज्याला लेन्नर जोन्स पोर्टेशिअल असे म्हटले जाते परंतु हे सर्वात सोपा फॉर्म
आहे जो विचार करू शकतो की एक मजबूत प्रतिकर्षण क्षमता आहे.

आणि हे विचारात घेतल्यावर

तुम्ही आधीच पाहिले आहे की माझ्याकडे एक मध्यम मुक्त मार्ग आहे.

दुसरे म्हणजे मी

माझ्या राज्याच्या आदर्श वायू समीकरणात बदल करू बरं, हे माझे राज्य

बोल्डज लॉ चार्ल्स कायद्याचे समीकरण होते जे आम्हाला येथून समजले परंतु आम्ही काय करू आदर्श गॅस परिस्थितीमध्ये सर्वात सोपी
सुधारणा मिळवा

राज्याचे व्हॅन डेर वाल समीकरण आहे ठीक आहे मी

या व्हॅन डेर वाल राज्याच्या समीकरणावर फक्त अर्धा तास घालवतो मला ते या स्वरूपात लिहू द्या p अधिक av वर्ग v वजा b समान
आहे $rt \ i \ am$

व्हॅन डेर वाल गॅसचा एक तीळ गृहीत धरून मी याला खरा वायू म्हणू या, त्यामुळे

तुम्हाला दोन सुधारणा एक दुरुस्त्या मुळे उद्भवताना दिसतील त्यामुळे

या आकर्षक शक्तीमुळे उद्भवणाऱ्या दाबासाठी सुधारणा आम्ही सुरुवातीला t म्हणालो हॅट आमचे आदर्श वायू

रेणू हे रेणू असतील ज्यात लवचिक टक्करांशिवाय इतर कोणताही परस्परसंवाद नसतो

मी येथून निघून जातो मी म्हंटले की एक आकर्षक बल खूप कमकुवत लहान श्रेणी आहे हे

आकर्षक बल सरासरी आकर्षक बल दबाव सुधारण्यासाठी योग्य आहे आणि दुसरी

गोष्ट व्हॉल्यूममध्ये सुधारणा.

तुम्ही आधीच अंदाज लावू शकता की व्हॉल्यूममध्ये ही सुधारणा ठीक आहे व्हॉल्यूममध्ये सुधारणा का

येत आहे कारण दुसऱ्या समस्येमुळे मी असे गृहीत धरले आहे की रेणू हे बिंदूचे कण आहेत जे आम्ही

या व्याख्यानाच्या सुरुवातीला पाहिले आहे ते म्हणून घेतले पाहिजे हार्ड स्फेअर जो

एक अंदाजे देखील आहे परंतु तो बिंदू कणांपेक्षा चांगला अंदाजे आहे

त्यामुळे ही सुधारणा कंटेनरची संपूर्ण व्हॉल्यूम यापुढे

रेणूसाठी उपलब्ध का नाही काही व्हॉल्यूम वगळण्यात आले आहे v वगळण्यात आलेल्या व्हॉल्यूमचे मोजमाप करते

आता बोर्डचा हा भाग स्वच्छ करा पण तुम्हाला काय लक्षात ठेवावे लागेल की दबाव निर्माण होण्यासाठी एक सुधारणा आहे

g आकर्षक कमकुवत शक्तीमुळे आणि येथे व्हॉल्यूममध्ये संपूर्ण सुधारणा

आहे जे कंटेनरच्या एकूण व्हॉल्यूमची काळजी घेते ते वगळले पाहिजे कारण

वॅन डेर वाल्स अंदाजे मध्ये आपण रेणूंना कठीण गोलाकार मानत आहोत आता आपण प्रयत्न करूया

हे खालील प्रकारे करण्यासाठी प्रथम एकसारखे कण गृहीत धरूया मी त्यांच्या हृदयाच्या गोलांची पुनरावृत्ती केली आहे हे कळप गोल

व्यासाचे आहेत d ठीक आहे

आता त्यापैकी दोन घेऊ या त्यापैकी एकाचा विचार करूया जो स्थिर किंवा अधिक

वैज्ञानिक मार्गाने किंवा अधिक आहे.

हे सांगण्याची भौतिक पद्धत मी या रेणूंच्या चौकटीत

फिरत आहे मी या रेणूसह फिरत आहे

त्यामुळे माझ्यासाठी ते स्थिर आहे म्हणून हा एक व्यास आहे

d हा व्यास आहे d एकदा माझ्याकडे हा फॉर्म आला आहे आता मी एक मोठा काढतो मी

मध्य मुक्त पथ गोलाकार काढत असताना मी केला तसा एक केंद्रीभूत गोल

ज्याचा व्यास दोन d आहे किंवा त्रिज्या d आहे ठीक आहे आता मी

क्षुद्र मुक्त मार्गाची ओळख करून देताना दिलेला युक्तिवाद पुन्हा आठवा t म्हणजे काय टोपी आहे की जर माझ्याकडे दुसरा कोणताही

रेणू असेल ज्याचा केंद्र येथे आला

असेल तर तेथे एक हार्ड कोर प्रतिकर्षण असेल ठीक आहे तिथे फक्त विक्षेपित होईल

तेथे टक्कर होईल कारण रेणू त्यांच्या हृदयाच्या गोलाकारांमध्ये एकमेकांमध्ये प्रवेश करू शकत नाहीत म्हणून

जर असे असेल तर मी असे म्हणू शकतो की प्रत्येक रेणूचा एक वगळलेला खंड आहे याचा अर्थ हा रेणू हलतो याचा अर्थ काय पण तिची

गोल

स्थिती मला एक गोल देते ज्याची त्रिज्या d आहे हा खंड संपूर्ण खंड वगळलेला

आहे इतर रेणूसाठी मी विचार करत आहे दुसऱ्या रेणूसाठी हा खंड वगळला जाईल

दुसऱ्या रेणूसाठी ठीक आहे म्हणून प्रत्येक रेणू स्वतःसोबत वगळलेला एक खंड घेऊन जातो

आणि या गोलाच्या ओके व्हॉल्यूमचा आकार किती आहे फक्त चार तृतीयांश

π असेल पण इथे या मोठ्या गोलाची त्रिज्या आहे जी दुप्पट आहे रेणूची त्रिज्या

स्वतःच ठीक आहे म्हणून मी ते d q ok म्हणून लिहू शकतो हा तो खंड आहे जो तो

वगळतो मी पुन्हा वितर्क पुनरावृत्ती करतो खंड वगळलेला मी वितर्क पुन्हा करतो tha t हा माझ्या

विचारात असलेल्या इतर कोणत्याही रेणूचा गोलाकार ठीक केंद्र आहे येथे जास्तीत जास्त पडू शकतो तो जवळ येऊ शकत नाही

कारण अशा स्थितीत त्याला येथे पहिला रेणू भेदावा लागेल म्हणून

मी विचार करत आहे या रेणूद्वारे वगळलेले हे खंड आहे

त्यामुळे मी लिहू शकतो ते खालील फॉर्ममध्ये

आहे जे या आठ चार तृतीय π d बाय दोन क्यू प्रमाणे आहे, मला लगेच कळते की चार तृतीयांश π

d बाय दोन घन किती आहे हे माझ्या रेणूचे प्रमाण आहे जर तुम्हाला आठवत असेल तर सुरुवातीला मी

b ते प्रमाण आहे असे सांगून सुरुवात केली रेणूचे आकारमान स्पष्ट आहे जर ते स्पष्ट असेल तर

तुम्ही पाहाल की तो आठ पट v रेणू आहे त्याचा वेग नाही तर रेणूचा आकार आहे

असे गृहीत धरून रेणू व्यासाचा एक कठीण गोल आहे d आता मी दोन रेणू घेत आहे

विचारात घेऊन मी प्रश्न विचारत आहे की एक रेणू आहे आणि

तो दुसऱ्या रेणूसाठी किती मात्रा वगळतो म्हणून चित्रात दोन

त्यामुळे सरासरी हा

आहे व्हॅन डेर वाल्स मूळ युक्तिवादाचा मार्ग ठीक आहे मी विचार केला तर मी म्हणू शकतो रिंग दोन रेणू

सरासरी वगळलेले व्हॅल्यूम सरासरी वगळलेले व्हॅल्यूम या परिमाणाच्या निम्मा असेल रेणूच्या आठ पट

मात्रा जे मला सांगते की सरासरी b प्रमाण चार पट असेल

प्रमाण रेणूच्या चौपट व्हॅल्यूमच्या प्रमाणात असेल तर b_i त्याऐवजी b असे लिहावे

लागेल v रेणूच्या चार पटीच्या प्रमाणानुसार प्रमाणिकता स्थिरांक

मध्ये कंटेनरमधील रेणूंची संख्या जास्त असेल माझ्याकडे जास्त असलेले रेणू जास्त वगळले जातील

आणि अधिक खंड वगळले जातील ठीक आहे आणि या संज्ञामध्ये गंभीर सुधारणा असेल हे कसेतरी

तुम्हाला एक अनुभूती देते मी पुन्हा सांगत आहे की मी काही मिळवत नाही आहे ठीक आहे अभूतपूर्व

युक्तिवाद y तेथे v उणे बीटा असणे आवश्यक आहे पुढे प्रश्न येतो की तुम्हाला हे कसे मिळवायचे आहे

a by स्केअर टर्म ओके a बाय v स्केअर टर्म तेथे आठवण करून प्रशंसा केली जाऊ शकते एक कमकुवत

आकर्षक शक्ती आहे परंतु ही कमकुवत आकर्षक शक्ती खूप कमी श्रेणीची आहे म्हणून

जेव्हा जेव्हा मी माझा रेणू कोणत्याही रेणूला लक्ष्य करतो तेव्हा आम्ही असे गृहीत धरू शकतो कंटेनरमध्ये फिरणे ठीक आहे आपण

या खोलीला कंटेनर म्हणून गृहीत धरू या जेणेकरून जेव्हा जेव्हा रेणू या कंटेनरच्या आत फिरत असतात

तेव्हा मला माहित आहे की या कमकुवत शक्तीकडे दुर्लक्ष केले जाऊ शकते परंतु दोन अंदाजे जे आदर्श वायू बनवते ते

आहे तेथे कोणतेही परस्पर क्रिया नाही मी ते टाकू दे पण जेव्हा ते भिंतीकडे जाते तेव्हा काही रेणू

भिंतीमध्ये असतात आणि काही रेणू आत असतात.

एका रेणूचा विचार करा जो भिंतीवर

आदळतो इतर रेणूंचे काय होईल त्यांच्याकडे आकर्षक बल आहे ते एकत्रितपणे

या साथीदाराला खेचतील जे भिंतीवर आदळत आहे.

काठावर तुम्ही

पुढील प्रकारे विचार करू शकता जर माझ्याकडे कंटेनरच्या आत एक रेणू असेल तर त्यात त्याच्या

संभावनालच्या इतर सर्व रेणूंचे आकर्षक बल असेल.

ढोबळपणे मी असे म्हणू शकतो की त्यावर क्रिया करणारे निव्वळ सरासरी बल

शून्य असते परंतु जेव्हा ते चालू असते भिंत ठीक आहे मग आत असलेले इतर रेणू

एकत्रितपणे ते ओके आत खेचतील आणि हे जेव्हा आम्ही n गृहीत धरले तेव्हा दाब बदलेल

o इतर रेणूंचा परस्परसंवाद पण जर इतर रेणूंनी त्यांना भिंतीवर रेणू आकर्षित केले

तर मला असे म्हणायचे आहे की तेथे निव्वळ आकर्षक बल ओके असेल जे दाब कमी करणार आहे

आणखी एक परिस्थिती असू शकते जी मी माझ्या व्युत्पत्तीमध्ये कधीही विचारात घेतली नाही ती

म्हणजे भिंत भिंत मी नेहमीच जग हे एक स्थिर शरीर आहे असे गृहीत धरले आहे आणि उष्णतेचा रेणूशी कोणताही परस्परसंवाद नसतो

जे रेणू जात आहेत आणि त्यांना मारतात ठीक आहे ही देखील एक अतिशय आदर्श परिस्थिती आहे आपल्या

सर्वाना माहित आहे की तेथे चिकटपणा आहे अशा घटना आहेत ज्यामध्ये द्रव रेणू संवाद साधतात

भिंत म्हणजे कंटेनरच्या आत दोन अंदाजे एक आकर्षक शक्ती आहे मी ते

विसरू शकतो पण जेव्हा जेव्हा एखादा रेणू भिंतीवर आदळतो तेव्हा तो

कंटेनर आणि भिंतीच्या इतर रेणूंमुळे आतमध्ये निव्वळ आकर्षक बल भरला पाहिजे.

या

दोघांनी एकत्र घेतल्याने मी ज्या दबावाबद्दल बोलत आहे त्यात सुधारणा करणे आवश्यक आहे म्हणून दोन

योगदाने मी विचारात घेईन

a बाय बी स्केअर ओके या संज्ञेच्या उत्पत्तीचा अर्थ लावणे किंवा कौतुक करणे,

त्यामुळे भिंतीवरून प्रतिकर्षण करण्यासाठी एक कमकुवत आकर्षक बल ओके तिरस्करणीय शक्ती आता मी येथे

एकसंधता ओके एकजिनसीपणाची संकल्पना आणत आहे हे मला सांगेल की

हा परस्परसंवाद कशाच्या प्रमाणात आहे ठीक आहे, तुम्ही म्हणू शकता की कोणत्याही क्षणी

भिंतीवर आदळणाऱ्या रेणूंची संख्या ही घनतेच्या प्रमाणात असेल जी

आम्ही आधीच पाहिली आहे

त्यामुळे भिंतीवर आदळणाऱ्या कोणत्याही क्षणी रेणूंची पहिली संख्या घनतेच्या प्रमाणात असेल आणि दुसरे म्हणजे कसे अनेक रेणू त्यास आकर्षित करत आहेत भिंतीवरील रेणूंची ठीक संख्या n द्वारे v आहे आणि जे काही त्यांना आकर्षित करत आहे ते देखील n च्या प्रमाणात असेल

त्यामुळे कोणत्याही क्षणी भिंतीवर आदळताना दोन गोष्टी रेणूंची संख्या

लहान l च्या प्रमाणात असेल जी घनता आहे आणि पुन्हा त्यांना खेचत असलेल्या रेणूंची संख्या

देखील n च्या प्रमाणात असावी म्हणून जर मी माझे दाब समीकरण लिहिले तर हे चार दाब

प्रमाण असेल a_1 ते n चौरस ठीक आहे फक्त n भिंतीवर n यावर ही सुधारणा

n या फॉर्ममध्ये समाविष्ट केली आहे n मी तुम्हाला कॅपिटलची आठवण करून देतो n वर v अधिक अत्याधुनिक भाषेत मी याला घनता

घनता संवाद म्हणू शकतो ठीक आहे म्हणून हे प्रमाण आहे n चौरस किंवा $1/v$ स्केअर द्वारे आता हे दोन विचारात घेतले आहेत

माझे दाब फॉर्म rtv वजा pi असेल b कसे येते यावर जोर देण्याचा प्रयत्न करा आणि

या परस्परसंवादांमुळे सुधारणा होईल कारण मी जगाला आदळणाऱ्या रेणूंची संख्या आणि रेणूंची संख्या याबद्दल बोललो.

या दोन्हींना लहान

n किंवा एक ओव्हर vi च्या प्रमाणात खेचल्यास ओव्हर v स्केअर फॉर्ममध्ये सुधारणा होईल आणि नंतर लगेचच

गोष्ट एकत्र ठेवल्यास मला av स्केअर v वजा p हे rt बरोबर मिळेल

त्यामुळे मला

व्हॅन डेर वाल समीकरण मिळेल वास्तविक वायूच्या एका तीळसाठी ठीक आहे आता हे

माझ्या गतीज सिद्धांतावरील शेवटच्या लेक्चरच्या शेवटच्या 10 मिनिटांत म्हटल्यावर मी तुम्हाला सांगण्याचा प्रयत्न करेन की व्हॅन

डेर वाल समीकरण इतके महत्त्वाचे का आहे.

ठीक आहे आम्ही नेहमी द्रव बदल बोलतो

वायू संक्रमण ठीक आहे तुमच्याकडे द्रव आहे आणि तुम्ही ते गरम कराल आणि तुम्हाला

एक वायू अवस्था कायनेटिक थिअरी मिळेल हे आम्हाला सांगते कारण

रेणूंची गतीज उर्जा रेणूंची सरासरी गतीज उर्जा तापमानाच्या प्रमाणात आहे

ठीक आहे जर तुम्ही तापमान वाढवले तर गतीज उर्जा खूप जास्त असेल आणि ती

मुक्तपणे हलणाऱ्या वायूच्या अवस्थेकडे जाईल ठीक आहे आता द्रव वायू संक्रमण देखील आहे आणि तुम्ही

कदाचित लक्षात घेतले असेल की कधी कधी आम्ही वायू म्हणतो कधी कधी आम्ही वाष्प म्हणतो हे आदर्श वायू समीकरण कधीही होणार नाही

मला या संक्रमणाबद्दल किंवा द्रव आणि बाष्प यांच्यात काय

फरक आहे हे सांगण्यास सक्षम व्हा वॅन डेर वाल समीकरण तुम्हाला सांगते की आणि हे एक अतिशय विलक्षण व्युत्पत्ती असूनही

जवळजवळ दुरुस्त्यांचा अंदाज लावत आहे ठीक आहे प्रायोगिक प्लॉट्स तुम्ही शोधत असाल तर फक्त

Google व्हॅन डेर वाल समीकरण प्रायोगिक प्लॉट्स तुम्हाला असेच प्लॉट्स प्रायोगिकपणे

शंभर वर्षांहून अधिक वर्षांपूर्वी पाहण्यात आले होते म्हणून मी काय करणार आहे प्लॉटला समताप म्हणतात ठीक आहे

समताप या संज्ञा तुम्हाला बऱ्याच वेळा दिसतील.

या समथर्मल ऑडिथॅटिक थर्मोडायनामिक्समध्ये

या व्याख्यानांच्या संचाचा भाग म्हणजे काय समताप आहे तुम्ही तापमान स्थिर ठेवता हे खूप

महत्त्वाचे आहे ठीक आहे तुम्ही तापमान स्थिर ठेवा आणि नंतर प्लॉट दाब फंक्शन म्हणून ठेवा व्हॉल्यूमचे ओके याला आयसोथर्म म्हणतात तुम्ही

वेगवेगळ्या स्थिर तापमानांसाठी हे प्लॉट करा आता मी व्हॅन डेर वाल इसोथर्म प्लॉट करू आणि

ते द्रव वायू संक्रमणाविषयी कसे बोलू शकते ते पाहू या ठीक आहे आणि दुसरे म्हणजे

मी ज्या गंभीर तापमानावर जात आहे त्याबद्दल ते कसे बोलते आता तुम्हाला सांगतो, तर प्रथम मला वॉल्यूमचे फंक्शन म्हणून दाब प्लॉट करू द्या

, हे माझे पहिले वक्र आहे, तापमान t_1 साठी ठीक आहे, हे तापमानासाठी आहे t_2

दाब व्हॉल्यूमचे कार्य म्हणून हे t_1 t_2 आहे मला प्लॉट करू द्या काही विशिष्ट तापमानाला

मी t_c म्हणतोय ich जवळजवळ

क्षेत्र आहे या प्रदेशाला सहअस्तित्व क्षेत्र म्हणतात ठीक आहे आणि मी या प्रदेशानुसार या

ठिपकेदार वक्राने सीमांकन करतो ठीक आहे आणि हा प्रदेश द्रव आणि बाष्प बरोबर सहअस्तित्व आहे

त्यामुळे तुम्ही तापमान

वाढवाल ठीक आहे तुम्ही एका टप्प्यातून दुसऱ्या टप्प्यात जा या दिशेने तापमान वाढत आहे हे

t_c पेक्षा जास्त आहे

त्यामुळे t एक t दोन t एक t_c पेक्षा जास्त आहे t t दोन पेक्षा जास्त आहे

आणि आपण हा ठिपका असलेला प्रदेश काय पाहतो ते सांगते सहअस्तित्व प्रदेश त्या गंभीर तापमानात एका बिंदूवर संकुचित होतो

त्यामुळे काय प्रथम क्रिटिकल तापमानाचे महत्त्व आहे जर

तुम्ही दाब बदललात तर ठीक आहे जर तुम्ही दाब बदललात तर हा तुमचा उच्च दाब कमी आवाज आहे हा

कमी दाब उच्च आवाजाचा प्रदेश आहे

त्यामुळे द्रव आणि वायू ते या प्रदेशात एकत्र राहतात ठीक आहे पण तुम्ही जसे तापमान वाढवाल तसे हे सहअस्तित्व आहे प्रदेश एका बिंदूपर्यंत आकुंचन पावतो आणि तापमानासाठी गंभीर तापमानापेक्षा जास्त असे कोणतेही सहअस्तित्व क्षेत्र नाही ठीक आहे

हा पहिला अर्थ आहे ई गंभीर तापमान म्हणून जर तुम्ही दाब

बदललात तर द्रव आणि वायू यांच्यामध्ये एक सहअस्तित्वाचा प्रदेश आहे ठीक आहे किंवा त्याऐवजी द्रव आणि वाफ यांच्यामध्ये मी शब्दावली का बदलते ते

तुम्हाला लवकरच दिसेल कारण गंभीर तापमान t_c खाली तुम्ही दाब बदलू शकता आणि एका टप्प्यातून दुसऱ्या टप्प्यात जाऊ शकता.

ओके हा दुसरा अर्थ आहे किंवा संबंधित तात्पर्य आहे

मी वायूला गंभीर तापमानापेक्षा कमी तापमानाच्या खाली वाष्प म्हणून

काय होईल दबाव कितीही नाही कितीही दाब द्रवीकरण करू शकत नाही वायू द्रवीकरण करू शकत नाही हे

तथाकथित गंभीर तापमानाचे निहितार्थ आहे जर तुम्हाला t चे फंक्शन म्हणून p आकृती p प्लॉट करायचा आहे

हे देखील खूप उपयुक्त आहे वॉल्यूम स्थिर ठेवल्यास तुम्हाला दिसेल की हा p

आकृती गंभीर बिंदूवर संपेल ठीक आहे हा तुमचा गॅस आहे आणि ते

गंभीर तापमानापर्यंत आणि त्यापलीकडे एकत्र राहतात की तेथे कोणतेही सहअस्तित्व नाही म्हणून मी तुमच्यासाठी स्पष्ट केलेले व्हॅन डेर वॉल्स समीकरण

आम्हाला पुढील गोष्टींकडे घेऊन जाते ते द्रव वायू संक्रमण स्पष्ट करते ch आम्ही

निसर्गात निरीक्षण करतो की हे द्रव वायू संक्रमण तापमान बदलून साध्य करता येते ओके

सर्व वेळ पाणी उकळेल किंवा दाब ओके लागू करून पण जर मी तापमानात पुरेसे उच्च

आहे जे गंभीर तापमान ठीक आहे आपण वापरून गॅस द्रवीकरण करू शकत नाही

जर मी गंभीर तापमानाची चाचणी करत असलो तर दबाव कितीही असेल तेथे नेहमीच एक सहअस्तित्व

क्षेत्र असेल ज्यामध्ये बाष्प आणि द्रव एकत्र राहतील एकतर तो पूर्णपणे द्रव अवस्था आहे किंवा तो वायू

फेज आहे किंवा तो ठीक आहे म्हणून हे सारांश आहे ठीक आहे व्हॅन डेर वाल समीकरण म्हणून मी

आदर्श वायू समीकरण व्हॅन डेर वॉल्स समीकरणात दुरुस्त केले आहे रेणूंचा मर्यादित आकार विचारात घेऊन

जे रेणूमधील आवाजाच्या कमकुवत आकर्षक बलाला सुधारित शब्द देतात

जे अन्यथा पूर्णपणे दुर्लक्षित होते आणि

त्यामुळे काही परस्परसंवाद झाला ज्यामुळे

रेणूंच्या घनतेच्या प्रमाणात आहे आणि म्हणून दाबामध्ये सुधारणा होती जी नव्हती

तेथे आदर्श गॅस केस फाईन जे आम्हाला अभूतपूर्वपणे व्हॅन डेर वॉल्स समीकरणाकडे घेऊन जाते

जे मी येथे एका मोल रिअल गॅससाठी लिहिले आहे जर मी व्हॅन डेर वॉल्स इसोथर्मचा प्लॉट केला तर हे आम्हाला

चांगले सांगते की तापमान बदलून किंवा फेज संक्रमण होऊ शकते दबाव बदलत आहे

पण एक गंभीर तापमान आहे ज्याच्या वर मी t_c पेक्षा कमी तापमानात t_c पेक्षा जास्त असल्यास कोणत्याही दाबाने वायूचे द्रवीकरण करता येत नाही मी ते

सहअस्तित्व प्रदेशाद्वारे प्राप्त करू शकतो

ज्यामध्ये t पेक्षा कमी द्रव आणि वाफ एकत्र असतात t_c मी याला t_c पेक्षा मोठे वाष्प म्हणून

ती एक गॅस गतीज ऊर्जा आहे ज्यावर दबाव आहे यासह मी माझ्या

गतिज सिद्धांतावरील व्याख्यानांचा संच संपवतो आणि पुढील व्याख्यानांमध्ये थर्मोडायनामिक्सची चर्चा सुरू होईल

आजच्या वर्गासाठी धन्यवाद