



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica
(Termofluidomeccanica)

**RACCOLTA DATI E ANALISI STATISTICA
DELLA TENSIONE SUPERFICIALE DI FLUIDI
ORGANICI**

**DATA COLLECTION AND STATISTICAL
ANALYSIS OF ORGANIC FLUIDS SURFACE
TENSION**

Relatore:

Prof. Giovanni Di Nicola

Tesi di Laurea di:

Mattia Burini

1101527

Anno Accademico 2021-2022

INDICE

PREFAZIONE	pag. 4
1. TENSIONE SUPERFICIALE	pag. 4
1.1 Introduzione.....	pag. 4
1.2 Definizione.....	pag. 4
1.3 Unità di misura.....	pag. 5
1.4 Metodo di misura.....	pag. 5
.	
2. CREAZIONE DATABASE	pag. 7
2.1 Raccolta dati	pag. 7
2.2 Raggruppamento dati	pag. 9
2.2.1 Alcoli.....	pag. 9
2.2.2 Aldeidi.....	pag. 10
2.2.3 Alcani.....	pag. 12
2.2.4 Alcheni	pag. 14
2.2.5 Amidi	pag. 15
2.2.6 Anidridi.....	pag. 17
2.2.7 Aromatici.....	pag. 18
2.2.8 Composti del Bromo.....	pag. 20
2.2.9 Composti del Fluoro.....	pag. 21
2.2.10 Composti dello Iodio.....	pag. 22
2.2.11 Composti di NO ₂	pag. 23
2.2.12 Cloruri.....	pag. 24
2.2.13 Ciclo alcani.....	pag. 25
2.2.14 Ciclo alcheni.....	pag. 26
2.2.15 Epossidi.....	pag. 27
2.2.16 Esteri.....	pag. 28
2.2.17 Eteri.....	pag. 31
2.2.18 Acidi Inorganici.....	pag. 34
2.2.19 Chetoni.....	pag. 35
2.2.20 Nitrili.....	pag. 36
2.2.21 Acidi Organici.....	pag. 38
2.2.22 Polioli.....	pag. 39
2.2.23 Solfuri.....	pag. 40
2.2.24 Terpeni.....	pag. 41
3. ANALISI DATABASE	pag. 43
3.1 Software Utilizzati.....	pag. 43
3.1.1 Mathematica.....	pag. 43
3.1.2 Regressione non lineare: metodo non lineare dei minimi quadrati.....	pag. 43
4. RISULTATI OTTENUTI	pag. 44

4.1	<i>Formula a coefficienti variabili</i>	pag. 44
4.2	<i>Tabella riassuntiva dei coefficienti regrediti dell'equazione a coefficienti variabili</i>	pag. 45
4.3	<i>Tabella riassuntiva dello scarto "tensione superficiale media", "tensione superficiale massima" e "scarto quadratico medio", ottenuti con "Formula a coefficienti variabili"</i>	pag. 46
5.	<i>ANALISI DEI RISULTATI</i>	pag. 47
5.1	<i>Principali equazioni esistenti e confronto</i>	pag. 47
5.2	<i>Tabella di confronto di "tensione superficiale media" ottenuto con le varie equazioni</i>	pag. 49
5.3	<i>Tabella di confronto di "tensione massima" ottenuto con le varie equazioni</i>	pag. 50
5.4	<i>Tabella di confronto dello "scarto quadratico medio" ottenuto con le varie equazioni</i>	pag. 51
6.	<i>CONCLUSIONI</i>	pag. 52
6.1	<i>Tabella di confronto della "tensione media superficiale" ottenuta dalle equazioni a coefficienti fissi</i>	pag. 52
6.2	<i>Tabella di confronto della "tensione media superficiale" ottenuta dalle equazioni a coefficienti variabili</i>	pag. 53
6.3	<i>Considerazioni finali</i>	pag. 53
7.	<i>BIBLIOGRAFIA</i>	pag. 54

PREFAZIONE

Lo scopo della tesi è quello di fare un'analisi statistica dei dati di tensione superficiale di varie categorie di fluidi, applicandoli ad equazioni a coefficienti fissi e variabili che danno come risultato la "Tensione superficiale media", la "Tensione superficiale massima ed il suo "scarto medio percentuale"; risultati che saranno poi confrontati. Della "Tensione superficiale" si verrà a conoscenza della sua definizione, delle unità di misura e di un metodo grazie al quale è possibile misurarla.

La prima fase della tesi consiste nella raccolta dei dati di tensione superficiale dai software "Diadem Pro" e "Dortmund Data Bank", presenti in un computer del Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche e catalogazione dei dati in Excel, mentre la seconda fase consiste nell'analisi vera propria con il software "Mathematica", dove si è scritta ed utilizzata l'equazione che mette in relazione le varie grandezze per ottenere la tensione superficiale media ed infine lo scarto.

Nella Bibliografia, l'ultimo paragrafo della tesi, vi sono i riferimenti divisi in famiglie, di cui il primo di ognuna è relativo alla descrizione della famiglia, mentre gli altri si riferiscono ai vari dati di tensione superficiale.

TENSIONE SUPERFICIALE

Introduzione

La tensione superficiale è un'importante proprietà dei fluidi visualizzabile come la tendenza della superficie di un liquido a contrarsi. Questa "tensione", generata dalla condizione di asimmetria delle forze agenti sulle molecole situate alla superficie di separazione, conferisce alla superficie di una massa liquida, che si trovi a contatto con l'ambiente esterno, una particolare elasticità e consistenza in grado di sostenere piccoli oggetti di massa ridotta.

Definizione

Dal punto di vista termodinamico la tensione superficiale è definita come la forza che si manifesta sulla superficie di separazione per unità di lunghezza, per effetto delle forze di coesione fra le molecole del liquido dello stato superficiale in uno spessore del raggio di azione delle forze molecolari.

Le molecole che si trovano all'interno della massa di un liquido sono soggette a forze attrattive in ogni direzione da parte delle molecole circostanti e la risultante di tutte queste forze è nulla. Al contrario, le forze che agiscono sulle molecole dello strato superficiale non sono distribuite in modo omnidirezionale, ciò fa sì che le sollecitazioni che agiscono su ogni singola molecola superficiale abbiano risultante verso l'interno del liquido. Le molecole interne si trovano quindi ad avere energia inferiore rispetto a quelle in superficie, per cui il liquido tende a minimizzare la superficie mediante uno stato sferico, in accordo con la legge di Laplace.

Sempre dal punto di vista termodinamico, si può inoltre definire la tensione superficiale di un liquido come: la quantità di lavoro richiesto per aumentare l'estensione della sua superficie di una unità mantenendo costante la temperatura del sistema, cioè l'aumento di energia libera per unità di superficie:

$$\gamma = \left(\frac{\partial G}{\partial A} \right)_{P,T}$$

dove G è l'energia libera di Gibbs e A è la superficie.

Il procedimento di contrazione superficiale precedentemente descritto è l'espressione del fatto che in natura ogni sistema tende a portarsi allo stato con minor contenuto di energia.

La tensione superficiale dipende quindi sia dalla struttura molecolare delle sostanze, sia dalla temperatura e dalla pressione. Con l'aumentare della temperatura la tensione superficiale dei liquidi diminuisce, fino ad annullarsi alla temperatura critica del liquido considerato, oltre la quale, come noto, esso può esistere solo allo stato gassoso. L'espressione quantitativa della dipendenza della tensione superficiale dalla temperatura è data dall'equazione di Eötvös:

$$\gamma * V^{\frac{2}{3}} = k * (T_c - T)$$

dove:

γ = tensione superficiale

V = volume molare

$$k = 2.1 * 10^{-7} \left[\frac{J}{K * mol^{\frac{2}{3}}} \right]$$

T_c = temperatura critica

Unità di misura della tensione superficiale

Nel Sistema Internazionale le unità di misura della tensione superficiale sono dyn/cm, erg/cm², mJ/m² e mN/m.

Le tensioni superficiali liquido/vapore necessitano di essere accuratamente descritte perché controllano molti processi chimici o applicazioni ingegneristiche. Per esempio, i parametri caratterizzanti il trasporto di vapore (gas) o liquidi (petrolio) in un mezzo poroso, come la pressione capillare, la permeabilità relativa e il residuo di saturazione del liquido, dipendono fortemente dalla tensione superficiale.

Metodo di misura

Esistono vari metodi per misurare la tensione superficiale di un liquido.

Uno dei più utilizzati e semplici è quello con dinamometro, il quale deve avere alta sensibilità, poi è necessario per la misura, un anello metallico con diametro di qualche centimetro, come mostrato nella Figura 1.

Procedimento: Si appende l'anello, dotato di fili di sospensione, al dinamometro: l'allungamento del dinamometro corrisponde ad una misura del peso dell'anello (valore F1 leggibile sulla scala graduata). Il liquido di cui si vuole misurare la tensione superficiale (per esempio acqua) viene versato all'interno di un contenitore, collocato sopra ad un supporto regolabile in altezza.

Dopodiché si alza gradualmente il supporto cercando di immergere l'anello nel liquido e si può osservare una forza resistente, che provoca la contrazione del dinamometro.

La contrazione potrebbe essere causata dalla spinta di Archimede che il fluido esercita sull'anello.

In realtà, finché l'anello non è completamente immerso, l'allungamento del dinamometro è molto minore di quello che si osserva con l'anello ben al di sotto della superficie del liquido.

Nella fase di attraversamento della superficie si ha dunque l'effetto combinato della spinta di Archimede e della tensione superficiale.

Per poter misurare quest' ultima, senza considerare gli effetti della forza idrostatica, si può procedere nella direzione opposta rispetto all'esperienza sopra esposta.

Cioè, estraendo l'anello dal liquido, si abbassa lentamente il supporto regolabile, perciò si osserva un allungamento crescente del dinamometro, fino ad un valore massimo F_2 , raggiunto un istante prima che avvenga il distacco tra l'anello e la superficie del liquido; continuando poi ad abbassare il supporto avviene il distacco improvviso dell'anello dal liquido e si ha come risultato, una contrazione rapida del dinamometro.

La differenza tra le forze F_1 ed F_2 dà come risultato la forza con cui la tensione superficiale agisce sull'anello.

Sulla base della definizione data, per ottenere σ si deve dividere tale forza per la lunghezza del telaio interessato.

In questo caso la lunghezza del telaio da considerare è pari al doppio della circonferenza dell'anello, per le stesse ragioni descritte nel paragrafo precedente.

La formula della tensione superficiale è:

$$\sigma = \frac{F_1 - F_2}{4 * \pi * r}$$

Dove "r" è il raggio dell'anello.

Si è considerato il doppio della lunghezza della circonferenza "4 π r" perché la superficie del fluido, cioè dell'acqua come nel caso in figura, aderisce su due bordi dell'anello metallico, il cui spessore è molto maggiore delle dimensioni tipiche delle molecole dell'acqua.

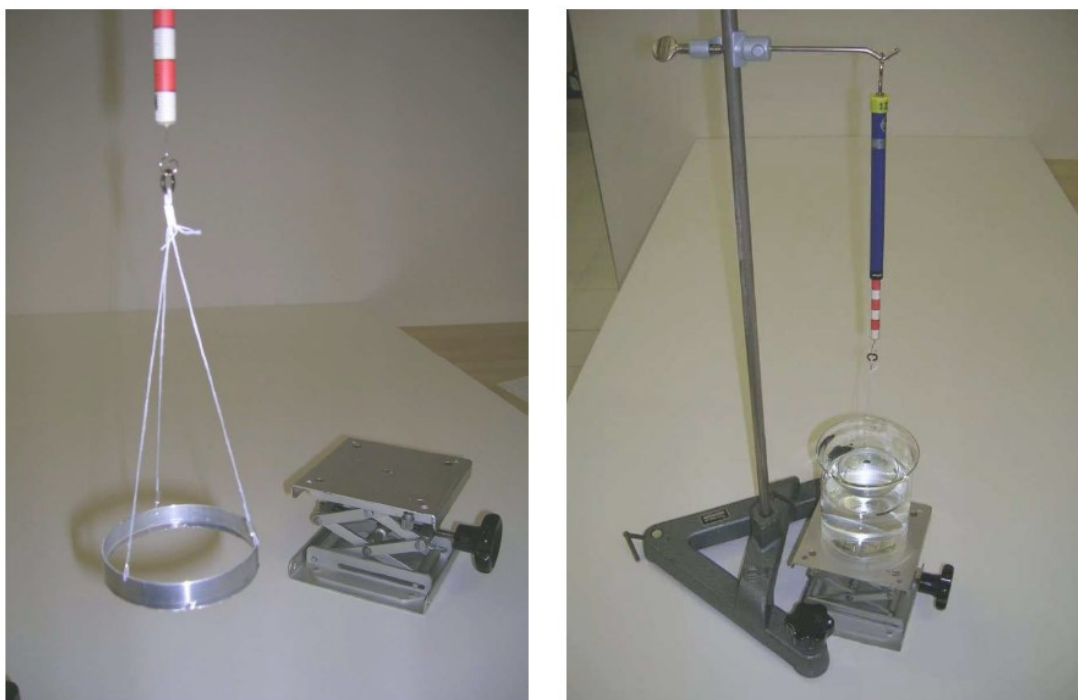


Figura 1: Strumenti di misura della tensione superficiale: dinamometro, anello metallico, contenitore con il fluido test e supporto

CREAZIONE DATABASE

Raccolta dati

Per questa operazione è stato utilizzato il software “Diadem Pro”, database in cui sono immagazzinate molte delle proprietà sperimentali poi utilizzate, ed il software “Deuscht Data Bank” (DDB), dal quale sono stati presi i dati della tensione superficiale in mN/m.

Da “Diadem” sono però escluse la temperatura e la tensione superficiale, cui valori sono stati ottenuti sperimentalmente e li si può trovare in letteratura; inoltre sono stati calcolati la densità critica, dall’inverso del volume critico, la temperatura ridotta, data dal rapporto tra la temperatura sperimentale e la temperatura critica, la temperatura di ebollizione ridotta, data dal rapporto tra la temperatura sperimentale e la temperatura di ebollizione e poi sono state calcolate le costanti “ σ_0 ” e “ ϕ ”, la cui formula sarà esposta successivamente e che saranno inserite nell’equazione per il calcolo dello scarto.

Dato che lo stesso fluido è stato analizzato da più studiosi, ad ogni coppia di valori temperatura - tensione ottenuta, i valori di tensione possono essere diversi a parità di temperatura, perciò vi corrisponde un riferimento diverso.

I riferimenti dei valori di tensione superficiale raccolti dai due database saranno riportati al termine della tesi sotto la voce “*Bibliografia*”.

Sono state catalogate quindi le seguenti grandezze: tensione superficiale, temperatura critica, pressione critica, fattore acentrico, temperatura sperimentale, temperatura di ebollizione, volume critico, peso molecolare, fattore di comprimibilità critica, raggio di girazione, momento di dipolo.

Sono invece state calcolate: temperatura ridotta, temperatura di ebollizione ridotta, densità critica.

- 1) **Temperatura critica (Tc):** nel caso dei fluidi, si definisce temperatura critica la temperatura al di sopra della quale una sostanza non può esistere allo stato liquido, neanche essendo sottoposta a compressione. Si misura in [K].
- 2) **Pressione critica (pc):** è una caratteristica di qualsiasi sostanza chimica, che definisce il campo in cui questa può trasformarsi in vapore in presenza del liquido corrispondente. Si misura in [bar] ed è l’unità di misura utilizzata per la pc nelle formule.
- 3) **Fattore acentrico:** in termodinamica, il fattore acentrico è un fattore originariamente proposto da Pitzer come espressione in un’equazione per il fattore di comprimibilità. È definito come

$$\omega = -\log_{10} \left(\frac{P_s}{P_c} \right)_{Tr=0.7} - 1$$

dove:

- Ps è la pressione di vapore
- Pc è la pressione critica
- Tr è la temperatura ridotta,

- 4) **Temperatura sperimentale (T):** è la temperatura desiderata negli esperimenti alla quale si misurano le altre proprietà; è variabile punto per punto. Si misura in [K].
- 5) **Temperatura di ebollizione (Tb):** è la temperatura alla quale inizia il passaggio di stato liquido/gas. Si misura in [K].
- 6) **Volume critico (Vc):** è il volume unitario di una sostanza nel suo punto critico. Più in generale, può essere il volume unitario in qualsiasi transizione di fase specificata. È espresso normalmente in: $\left[\frac{cm^3}{mol} \right]$, ma nel foglio di calcolo è stato riportato il valore in: $\left[\frac{m^3}{kmol} \right]$.

- 7) **Densità critica (ρ_c):** rappresenta il numero di moli di fluido contenute in un determinato volume: è l'inverso del volume critico. Si misura in $\left[\frac{mol}{cm^3}\right]$, ma nel foglio di calcolo è stata espressa in $\left[\frac{kmol}{m^3}\right]$, mentre nelle formule si è utilizzato il valore in $\left[\frac{mol}{m^3}\right]$
- 8) **Peso molecolare (MW):** è la massa di una singola molecola di un composto, espressa in unità di massa atomica. Si misura in $\left[\frac{kg}{kmol}\right]$.
- 9) **Fattore di comprimibilità critica,** in termodinamica è adimensionale, ed è pari a:

$$Z_c = \frac{PV}{RT}$$

dove:

- P è la pressione del fluido o gas
- V è il volume molare
- R è la costante universale dei gas
- T è la temperatura assoluta.

- 10) **Raggio di girazione (Gr):** è il nome di una gamma di misure della dimensione di un oggetto, una superficie, o un insieme di punti. Viene calcolato come la radice quadrata media della loro distanza da uno centro di gravità o di un dato asse. Si misura in [m].
- 11) **Momento di dipolo (μ):** è definito come il prodotto della carica elettrica con la distanza di separazione tra le cariche. Si misura in [C*m].
- 12) **Tensione superficiale (σ).** Nel database “Diadem Pro” sono presenti i valori in $\left[\frac{N}{m}\right]$, convertiti poi in $\left[\frac{mN}{m}\right]$, per il suo utilizzo nell’equazione, che sarà descritta successivamente.

Le grandezze ridotte sono state calcolate per semplicità, in modo da non dover badare alle unità di misura.

Esse infatti sono tutte adimensionali:

- 1) **Temperatura ridotta:**

$$Tr = \frac{T}{T_c}$$

- 2) **Temperatura di ebollizione ridotta:**

$$Tbr = \frac{Tb}{T_c}$$

- 3) **σ_0 :**

$$\sigma_0 = \frac{1.3806488 * 10^{-23} * T_c}{Gr^2}$$

- 4) **ϕ :**

$$\phi = (6.02214076 * 10^{23}) * \rho_c * Gr^3,$$

Raggruppamento dati

I dati presi in considerazione sono stati raggruppati ordinatamente, prima secondo i riferimenti, poi in fluidi ed infine in famiglie.

Per ogni famiglia verrà mostrata una tabella riassuntiva del database ed il grafico con l'andamento della tensione superficiale in funzione della temperatura ridotta.

Nelle tabelle sono riportati:

- **nome del fluido,**
- **T range:** è l'intervallo in cui sono compresi i valori della temperatura per ogni fluido,
- **Tc**
- **Tred range:** è l'intervallo in cui sono compresi i valori della temperatura ridotta,
- **σ range:** è l'intervallo in cui sono compresi i valori della tensione superficiale per ogni fluido,
- **numero di dati:** rappresenta la quantità di punti sperimentali raccolta in un laboratorio per un certo fluido.

Il valore più alto di σ corrisponde alla temperatura più bassa, quindi all'aumentare della temperatura, essa diminuisce.

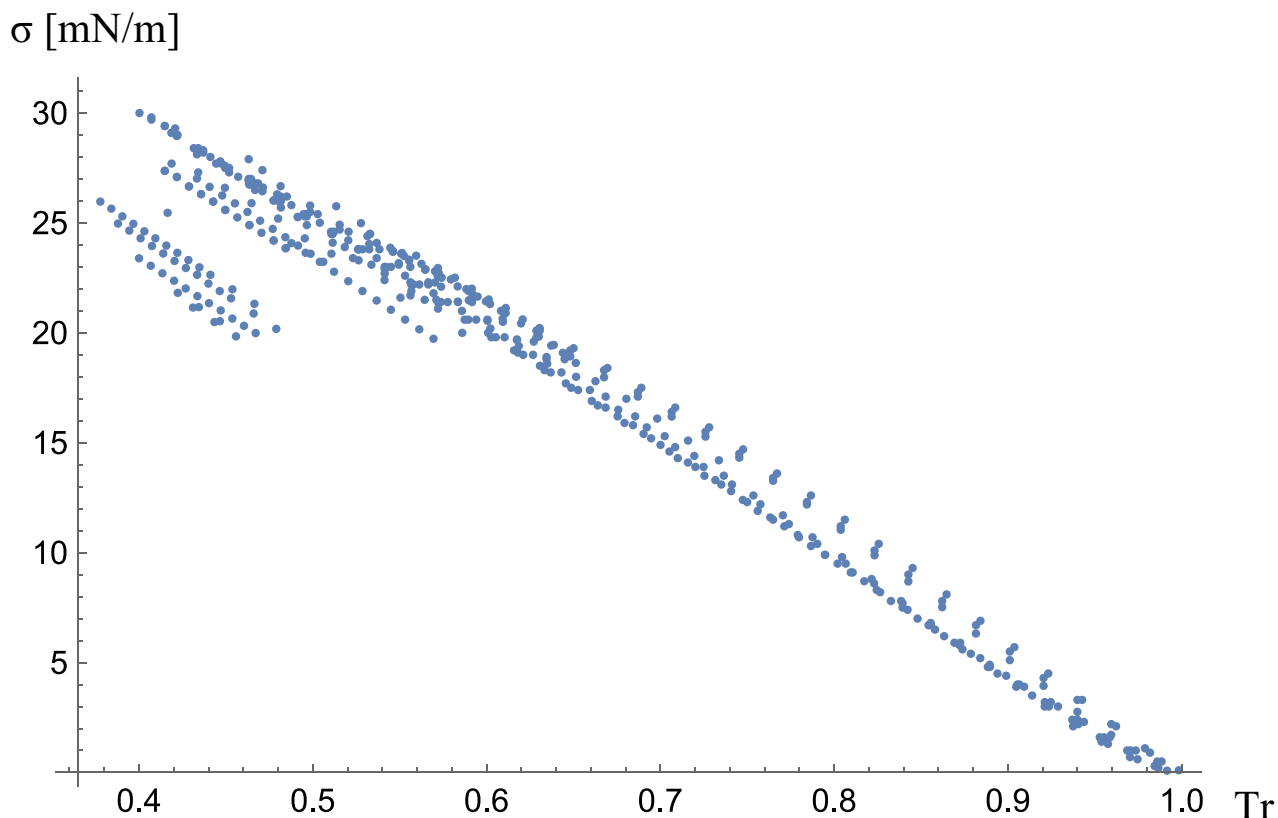
Alcoli

In chimica, un alcol è un tipo di composto organico che trasporta almeno un gruppo funzionale idrossilico (-OH) legato a un atomo di carbonio saturo. Gli alcoli vanno dal semplice, come il metanolo e l'etanolo, al complesso, come il saccarosio e il colesterolo. La presenza di un gruppo OH modifica fortemente le proprietà degli idrocarburi, conferendo proprietà idrofile (amanti dell'acqua). Il gruppo OH fornisce un sito in cui possono verificarsi molte reazioni. [01]

Tabella 1: Alcoli

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Methanol	273.10/503.15	512.50	0.532878048780488/0.981756097560976	24.5/0.9	47	Alcohols
Ethanol	273.15/513.15	514	0.531420233463035/0.998346303501946	24.4/0.1	46	Alcohols
Propanol	288.15/323.15	536.8	0.536792101341282/0.601993293591654	24.09/21.31	14	Alcohols
Butanol	273.15/413.15	563.1	0.485082578582845/0.733706268868762	26.2/14.2	20	Alcohols
Pentanol	273.15/583.15	588.1	0.464461826220031/0.991583064104744	27/0.08	42	Alcohols
Hexanol	273.15/603.15	611.35	0.446798069845424/0.986587061421444	27.8/0.2	56	Alcohols
Heptanol	293.15/623.15	633	0.463112164296998/0.984439178515008	27.9/0.3	40	Alcohols
Octanol	273.15/653.15	652.3	0.418749041851909/1.00130308140426	29.1/0.1	54	Alcohols
Nonanol	273.15/673.15	670.9	0.407139663139067/1.00335370397973	29.7/0.1	53	Alcohols
Decanol	298.15/348.15	688	0.433357558139535/0.506031976744186	28.12/23.23	12	Alcohols
Undecanol	293.15	703.9	0.416465407	25.46	1	Alcohols
dodecanol	298.15/353.15	718.7	0.416465407018042/0.491373312926117	25.46/23.85	35	Alcohols
tridecanol	293.15/403.15	732.4	0.400259421081376/0.550450573457127	30/21.6	4	Alcohols
tetradecanol	298.15/348.15	745.3	0.400040252247417/0.467127331275996	23.39/19.99	11	Alcohols
hexadecanol	298.15/368.15	768.6	0.387913088732761/0.478987769971376	24.97/20.18	13	Alcohols
Octadecanol	298.15/368.15	789.3	0.377739769415938/0.466425947041682	25.97/21.32	15	Alcohols
Eicosanol	348.15/368.15	807.7	0.431038752011886/0.455800420948372	21.15/19.84	3	Alcohols
Docosanol	348.15/368.16	824.4	0.422307132459971/0.446567200388161	21.82/20.53	3	Alcohols

Grafico 1: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli Alcoli.



I valori σ vanno da 0.08 a 30 mN/m, a temperature che vanno da 273 a 673 K.

I valori che hanno un andamento diverso da quello generale, appartengono agli Alcoli: “Propanolo” ed ai fluidi dal “Decanolo” al “Docosanolo” in tabella.

Aldeidi

Le aldeidi sono composti organici di formula bruta $C_nH_{2n}O$ che recano nella loro struttura il gruppo funzionale formile, indicato con -CHO.

Il loro nome deriva da "alcol deidrogenato", che è una delle possibili modalità di preparazione. In natura vengono prodotte nei processi di fermentazione degli zuccheri.

Il gruppo funzionale bivalente $C=O$ viene detto carbonile (o "gruppo carbonilico") ed è comune ad aldeidi ($R-CHO$) e chetoni $R-CO-R'$, dove R o R' sono gruppi alchilici o arilici. Nelle aldeidi il carbonile è legato ad almeno un atomo di idrogeno e ad un radicale alchilico o arilico. Nella formaldeide, che è la prima rappresentante e quindi l'aldeide più semplice è legato a due atomi di idrogeno. Questo fa sì che essa si differenzi da tutte le altre per alcune proprietà: la mancanza di un idrogeno in alfa al carbonile toglie ogni canale di reazione legato all'enolizzazione; la facile ossidabilità fino a CO_2 , mentre le altre si fermano allo stadio dell'acido carbossilico corrispondente $R-COOH$, per ossidazione in condizioni non spinte; il carattere maggiormente elettrofilo del suo carbonile.

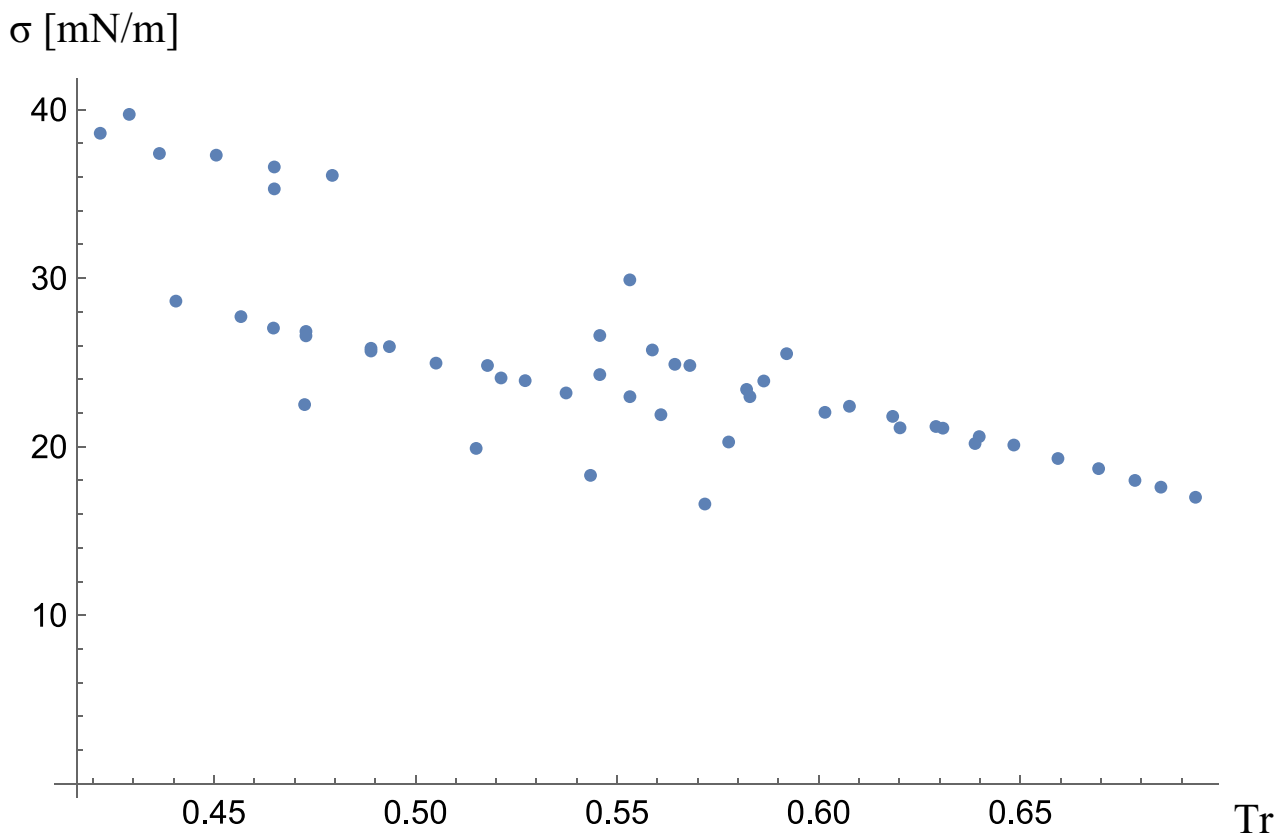
L'atomo di carbonio legato all'atomo di ossigeno ha ibridazione sp^2 , questo fa sì che sia al centro di un triangolo grossomodo equilatero sul cui piano giacciono l'ossigeno, l'idrogeno e l'atomo direttamente legato al gruppo carbonile.

Il composto più semplice della serie è il metanale, o formaldeide, (HCHO) che viene usata come mezzo di conservazione e come battericida. [02]

Tabella 2: Aldeidi

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Actaldehyde	273.25/323.15	466.00	0.58637339055794/0.693454935622318	23.9/17	12	Aldehydes
Propanal	293.15/298.15	503.60	0.582108816521048/0.59203733121525	25.52	2	Aldehydes
Butanal	293.15/343.15	537.20	0.545699925539836/0.638775130305287	26.6/20.19	10	Aldehydes
Pentanal	293.15/313.15	566.10	0.517841370782547/0.5531708178767	24.82/22.97	2	Aldehydes
Heptanal	273.15/358.15	620.00	0.440564516129032/0.577661290322581	28.64/20.28	11	Aldehydes
Hexanal	293.15/333.15	594	0.493518518518518/0.560858585858586	25.94/21.9	3	Aldehydes
Dodecanal	333.15/403.15	705.1	0.47248617217416/0.571762870514821	22.5/16.6	4	Aldehydes
Benzaldehyde	293.15/333.15	695	0.421798561151079/0.479352517985611	38.6/36.1	7	Aldehydes

Grafico 2: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli Aldeidi.



I valori di σ variano tra 16.6 e 38.6 mN/m a temperature che vanno da 273 a 403 K.

In questo grafico ci sono due fluidi con andamenti diversi da quello generale, come il “Dodecanale” con valori di σ che vanno da 16.6 a 22.5 mN/m, e la “Benzaldeide”, con valori di σ che vanno da 36.1 a 38.6 mN/m.

Alcani

Gli alcani sono composti organici costituiti solamente da carbonio e idrogeno (per questo motivo appartengono alla più ampia classe degli idrocarburi), aventi formula bruta $C_nH_{(2n + 2)}$. Gli alcani sono "saturi", cioè contengono solo legami singoli C-C (per cui a parità di atomi di carbonio, possiedono il massimo numero di idrogeni possibile rispetto agli altri idrocarburi), a differenza degli alcheni (che contengono legami doppi C=C) che sono detti "insaturi" e degli alchini (che contengono legami tripli C≡C). Gli alcani sono inoltre "aciclici", cioè non contengono catene chiuse ad anello (a differenza dei cicloalcani).

Gli alcani fanno parte della classe delle paraffine, alla quale si contrappongono i cicloalcani, detti nafteni; il termine "paraffina" deriva dal latino “parum affinis”, e indica la scarsa reattività di tali composti chimici; gli alcani comunque reagiscono in determinate condizioni con ossigeno, cloro e altre sostanze.

Il più semplice alcano esistente è il metano, avente formula CH_4 ; segue l'etano, avente formula CH_3-CH_3 .

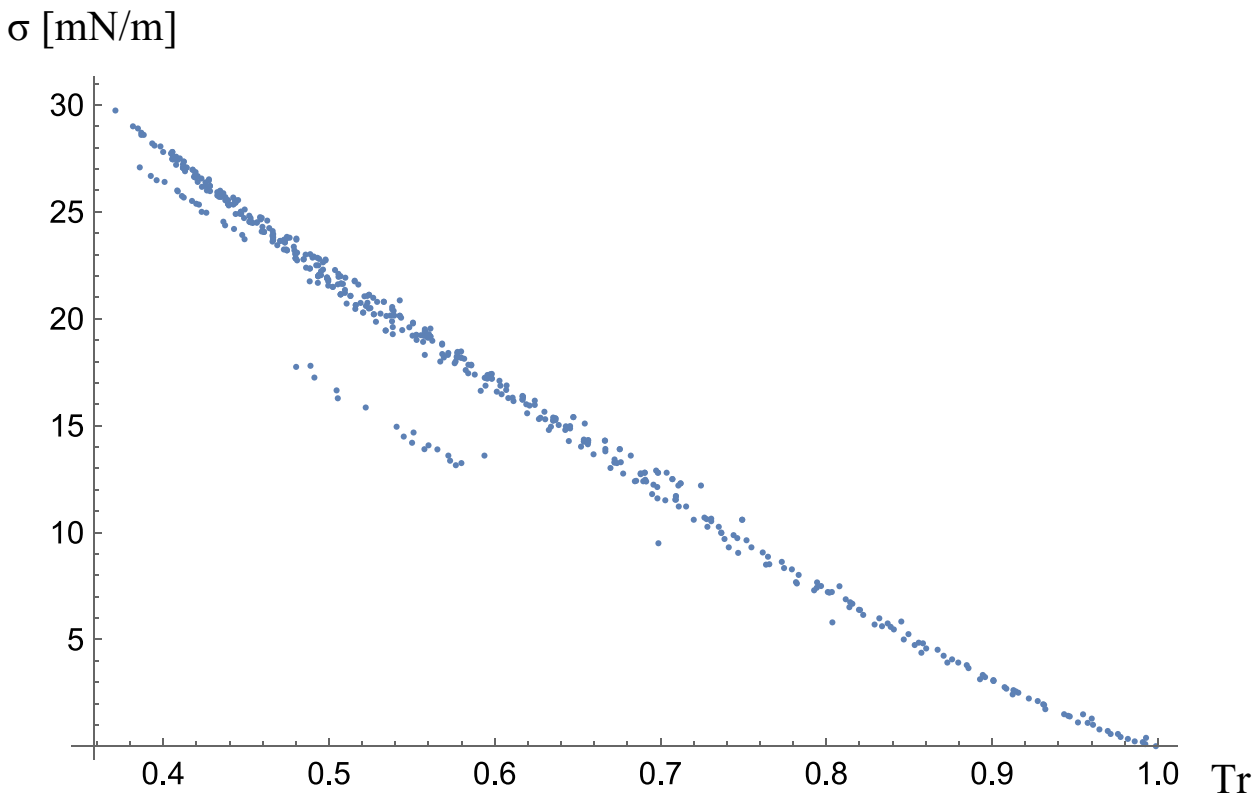
Gli atomi di carbonio e di idrogeno negli alcani possono essere combinati in modi differenti. Il metano (CH_4) ha una sola struttura possibile. Così anche l'etano e il propano. Invece nel caso degli alcani con un maggiore numero di atomi di carbonio possono esserci diverse disposizioni. Gli alcani come il n-butano (leggasi "normal-butano"), che hanno gli atomi di carbonio su una catena lineare si chiamano alcani lineari o alcani normali (n-alcani). Al contrario, gli alcani nei quali la catena si ramifica si chiamano appunto alcani a catena ramificata. Le varie forme di alcani con stessa formula ma struttura differente sono isomeri. Ad esempio il n-butano e l'isobutano sono isomeri di struttura.

Un esempio comune di miscela di alcani è la benzina, che è costituita da diversi alcani (contenenti in media 7-8-9 atomi di carbonio), ottenuta dalla distillazione frazionata del petrolio e dal cracking catalitico. Il cracking catalitico è utile inoltre per ottenere benzine ad alto numero di ottano. Un'altra via per l'ottenimento della benzina è il processo Fischer-Tropsch, a partire da miscele gassose di monossido di carbonio e idrogeno in presenza di catalizzatore. [03]

Tabella 3: Alcani

Fluid name	T Range [K]	Tc[K]	Tred Range	σ Range [mN/m]	n°valori di σ	Categoria
Methane	91,5/173,15	190.56	0,488812157595349/0,908618626813039	17,8/2,70	20	Alkanes
Ethane	117,8/303,15	305.32	0,385824708502555/0,992892702738111	27,8/0,4	34	Alkanes
Propane	193,15/366,48	369.83	0,522266987534813/0,990941784062948	20,6/0,2	36	Alkanes
n-butane	233,15/318,55	425.12	0,548433383515243/0,749200225818592	19,6/10,6	35	Alkanes
n-pentane	233,15/469,15	469.7	0,496380668511816/0,998829039812646	22,64/0,0094	33	Alkanes
n-hexane	273,15/493,15	507.6	0,538120567375886/0,971532702915682	20,55/0,58	36	Alkanes
n-heptane	283,15/503,15	540.2	0,524157719363199/0,931414291003332	21,12/1,94	41	Alkanes
n-octane	233,15/503,15	568.7	0,409970107262177/0,884737119746791	27,5/3,8	38	Alkanes
n-nonane	273,15/373,15	594.6	0,459384460141271/0,627564749411369	24,72/15,37	17	Alkanes
n-decane	273,15/377,59	617.7	0,442204953861098/0,611283794722357	25,67/16,15	13	Alkanes
n-undecane	273,15/373,15	639	0,427464788732394/0,5839593114241	26,46/17,45	13	Alkanes
n-tridecane	273,15/373,15	675	0,404666666666667/0,552814814814815	27,73/19,01	15	Alkanes
n-tetradecane	283,15/373,15	693	0,408585858585859/0,538455988455988	27,43/19,61	16	Alkanes
n-pentadecane	293,15/373,15	708	0,414053672316384/0,52704802259887	27,07/20,21	13	Alkanes
n-hexadecane	293,15/373,15	723	0,405463347164592/0,516113416320885	27,47/20,64	14	Alkanes
n-heptadecane	273,15/393,15	736	0,371127717391304/0,534171195652174	29,74/17,25	19	Alkanes
n-octadecane	303,15/373,15	747	0,405823293172691/0,499531459170013	27,45/21,75	14	Alkanes
n-nonadecane	293,15/373,15	758	0,386741424802111/0,492282321899736	28,6/22,5	11	Alkanes
n-eicosane	293,15/373,15	768	0,381705729166667/0,485872395833333	29,00/23,00	14	Alkanes
n-heneicosane	333,15/573,15	778	0,428213367609254/0,736696658097686	25,97/9,98	13	Alkanes
n-docosane	333,15/573,15	787	0,423316391359593/0,728271918678526	26,17/10,27	13	Alkanes
n-tricosane	333,15/573,15	796	0,418530150753769/0,720037688442211	26,64/10,6	13	Alkanes

Grafico 3: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli alcani.



Si nota che i valori di σ vanno da 0.2 a circa 30 mN/m a temperature che vanno da 91.5 a 573 K; in particolare il Metano e l'Etano, hanno dei valori di σ a temperature di molto al di sotto di 0 °C. Il fluido che ha l'andamento di σ diverso da quello generale, è il butano.

Alcheni

Gli alcheni sono idrocarburi (cioè composti organici costituiti solamente da atomi di carbonio e idrogeno) aciclici contenenti esattamente un doppio legame C=C. Gli alcheni fanno parte della classe delle olefine, alla quale appartengono anche i cicloalcheni e i polieni. Hanno formula bruta C_nH_{2n} .

Il più semplice alchene esistente è l'etilene (o etene), avente formula $CH_2=CH_2$, dal quale si ottiene il polietilene attraverso polimerizzazione per addizione. Come nel caso degli alcani, gli atomi di carbonio sono uniti tra loro attraverso legami covalenti a formare una catena aperta, lineare o ramificata; una coppia di atomi di carbonio adiacenti è però unita da un legame covalente doppio.

I due atomi di carbonio coinvolti nel doppio legame presentano orbitali ibridi di tipo sp^2 ; questo fa sì che i tre atomi legati ad ognuno di essi si trovino ai tre vertici di un triangolo grosso modo equilatero. I due triangoli sono inoltre allineati lungo l'asse del legame e tra loro complanari.

Un legame C-C è di tipo σ , formato dalla sovrapposizione di due orbitali ibridi sp^2 lungo l'asse del legame; il secondo legame è di tipo π , formato dalla sovrapposizione in direzione perpendicolare all'asse del legame dei due orbitali p non coinvolti nell'ibridazione.

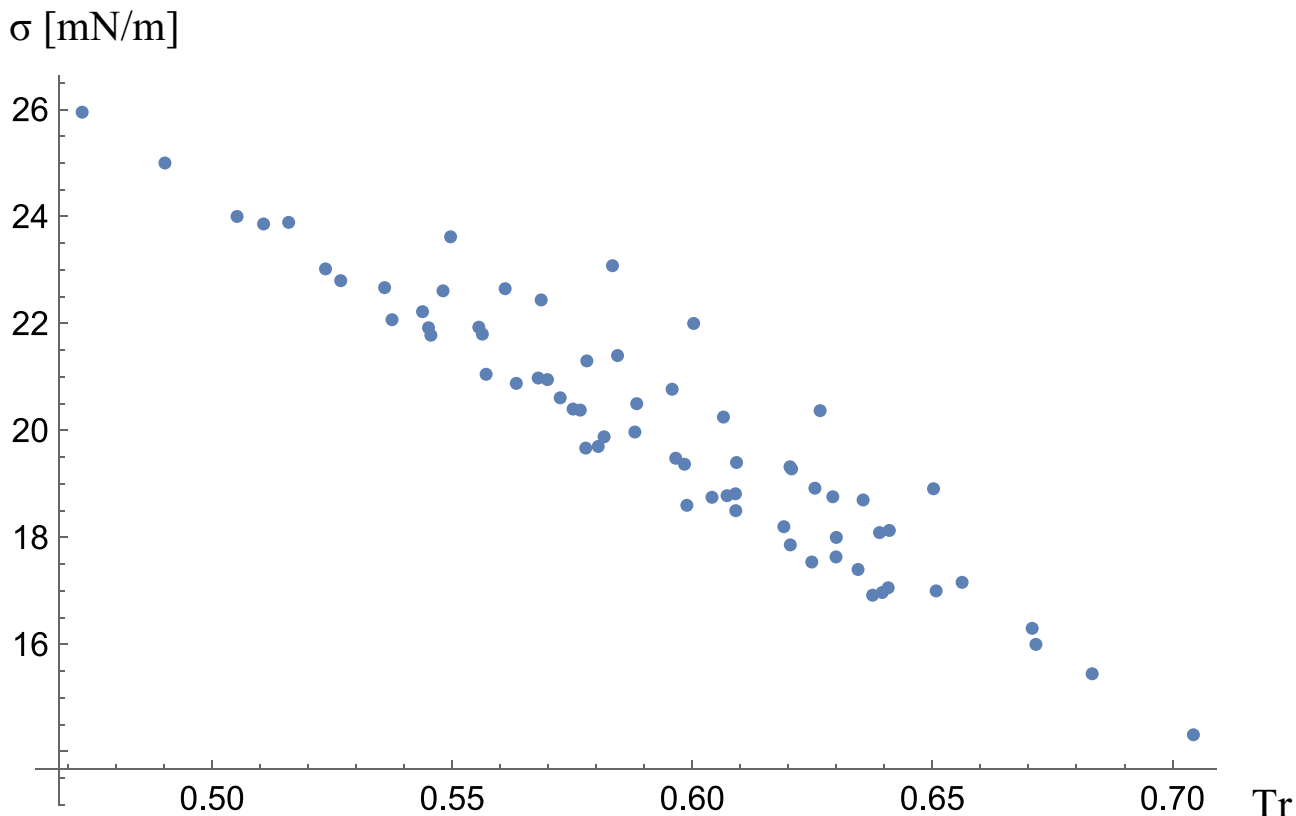
A differenza di quanto accade negli alcani, la rotazione attorno al doppio legame è impedita. Questo, quando ognuno dei carboni coinvolti nel doppio legame reca sostituenti diversi, crea coppie di isomeri geometrici, che vengono distinti l'uno dall'altro tramite i prefissi "cis-" e "trans-" (si veda la voce formula chimica).

La presenza del doppio legame carbonio-carbonio conferisce agli alcheni una reattività superiore a quella dei corrispondenti alcani. Tale reattività si esplica principalmente in reazioni di addizione, che prevedono l'apertura del doppio legame e la sua conversione in due legami semplici. L'addizione di una molecola di alchene ad un'altra identica, ripetuta virtualmente all'infinito produce un esempio di polimero. [04]

Tabella 4: Alcheni

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Acetylene	191.35/217.15	308.3	0.620661693156017/0.704346415828738	19.28/14.31	8	Alkynes
Methylacetylene	229.3/257.35	402.4	0.569831013916501/0.639537773359841	23.08/16.97	13	Alkynes
Ethylacetylene	241.85/282.05	440	0.549659090909091/0.641022727272727	23.62/18.13	9	Alkynes
Dimethylacetylene	278.26/303.22	473.2	0.58803888419273/0.640786136939983	19.97/17.058	7	Alkynes
Pentyne	278.15/323.15	481.2	0.578034081463009/0.671550290939318	21.3/16	6	Alkynes
Hexyne	287.15/293.15	516.2	0.556276636962418/0.567900038744673	21.8/20.98	2	Alkynes
Octyne	296.15/365.95	574	0.515940766550523/0.637543554006969	23.89/16.92	8	Alkynes
Nonyne	293.15/358.15	598.05	0.490176406654962/0.598862971323468	25/18.6	4	Alkynes
Decyne	293.15/358.16	619.85	0.472937000887311/0.577801080906671	25.95/19.67	4	Alkynes
Heptyne	288.15/333.15	547	0.526782449725777/0.609049360146252	22.8/18.5	7	Alkynes

Grafico 4: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli alcheni.



I valori σ vanno da 14.3 a 26 mN/m, a temperature che vanno da 191 a 366 K.

Amidi

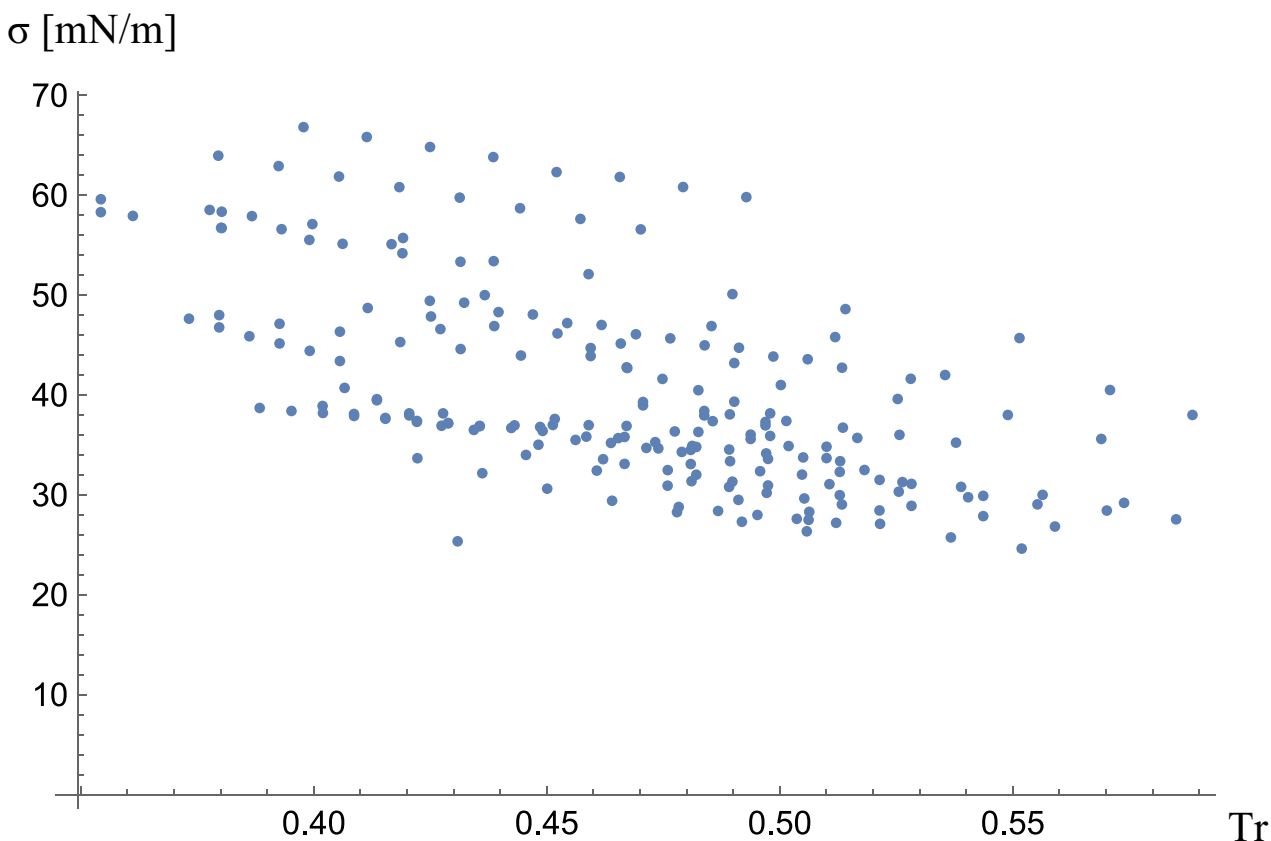
L'**amido** è un composto organico della classe dei carboidrati (o glucide polisaccaride), comunemente contenuto in alimenti come pane, pasta, riso, patate, caratterizzato da un gran numero di unità di glucosio polimerizzate unite tra loro da legame α -glicosidico e costituito da 4/5 di amilopectina e da 1/5 di amilosio. La sua formula grezza è: $(C_6H_{10}O_5)_n$; dove "n" è un numero variabile da circa un centinaio fino ad alcune migliaia e che sta ad indicare i residui di unità di glucosio monomeriche che sono unite tra loro per formare i polimeri, da cui derivano i vari tipi di amidi presenti in natura (es. l'amido di riso, l'amido di mais, etc.). Anticamente l'amido si otteneva in genere dalla macerazione del frumento avanzato e non macinato al mulino, motivo per cui si chiama così, dal greco ἄμυλον (α -μυλον, alfa privativo) *amylon*, passato in latino come *amylum* e poi a quello medievale come *amidum* (= senza mulino, non macinato). Restava sul fondo un residuo, chiamata *fecola*, da cui si ricavava una polvere granulosa bianca, scarsamente idrosolubile e scarsamente liposolubile, per via dell'amilopectina. Oggi si usa ancora come sinonimo di amido il nome "fecola", ma per indicare solo quello derivato dalle patate, poiché usato soprattutto come addensante in gastronomia.

Insieme a glicogeno e cellulosa è uno dei più noti polisaccaridi presenti nei vegetali, che lo sintetizzano naturalmente a partire dal glucosio. Un grammo di amido apporta circa 4,2 kcal. L'amido è un polisaccaride. [05]

Tabella 5: Amidi

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Methyl diethanolamine	288.13/333.18	741.90	0.388367704542391/0.449090173877881	38.7/36.4	16	Amids
Monoethanolamine	288.15/399.15	678.20	0.424874668239457/0.588543202595105	49.43/38	20	Amids
Diethanolamine	293/363	736.6	0.397773554167798/0.492804778713006	66.82/59.81	13	Amids
Triethanolamine	293/343.15	772.1	0.379484522730216/0.444437249061002	63.96/43.95	20	Amids
Dimethylformamide	277.85/363.15	649.6	0.427724753694581/0.559036330049261	38.16/26.83	21	Amids
N-(2-Aminoethyl)ethanolamine	298.15/397.15	698	0.42714899713467/0.568982808022923	46.6/35.6	6	Amids
Formamide	273.15/425.15	771	0.354280155642023/0.551426718547341	58.306/45.7	21	Amids
Methylformamide	293.15/353.15	721	0.406588072122053/0.489805825242718	40.71/31.32	11	Amids
Acetamide	358.15/393.15	761	0.470630749014455/0.516622864651774	38.96/35.7	7	Amids
Dimethylacetamide	293.15/363.15	658	0.445516717325228/0.551899696048632	34/24.62	13	Amids
Benzamide	403.15/443.15	824	0.489259708737864/0.537803398058252	38.06/35.23	5	Amids
3-amino-1-propanol	298.15/323.15	649	0.45939907550077/0.497919876733436	43.9/35.9	12	Amids
1-amino-2-propanol	298.15/323.15	614	0.485586319218241/0.526302931596091	37.38/31.28	9	Amids
tert-butylformamide	298.15	692	0.435584311	36.90	1	Amids
Methylacetamide	303.15/363.15	718	0.422214484679666/0.505779944289694	33.67/26.35	7	Amids
Diethylethanolamine	283.15/303.15	592	0.478293918918919/0.512077702702703	28.79/27.2	6	Amids
Methylethanolamine	293.15/323.15	630	0.46531746031746/0.512936507936508	35.68/33.37	7	Amids
Dimethylethanolamine	298.15/328.15	571.82	0.521405337343919/0.573869399461369	31.5/29.2	4	Amids
Diisopropanolamine	323.15/393.15	672	0.480877976190476/0.585044642857143	34.5/27.55	9	Amids
2-Amino-2-methyl-1-propanol (AMP)	298.15/323.15	619.8	0.481042271700549/0.521377863827041	31.37/28.44	6	Amids

Grafico 5: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli amidi.



Si può osservare che i valori di σ variano tra 24.6 e 66.8 mN/m a temperature che vanno da 273 a 443 K.

In questo grafico ci sono dei fluidi con valori di σ particolarmente elevati con andamento diverso da quello generale. Tali fluidi sono: “Dietanolamina”, “Trietanolamina” e “Formamide”, i cui valori di σ vanno da 45 a 67 mN/m.

Anidridi

In chimica organica, il termine anidride (dal greco $\acute{\alpha}\nu\upsilon\delta\rho\omicron\varsigma$, $\acute{\alpha}\nu\upsilon\delta\rho\omicron\varsigma$, senza acqua) indica un composto organico contenente il gruppo funzionale $-\text{CO}-\text{O}-\text{CO}-$.

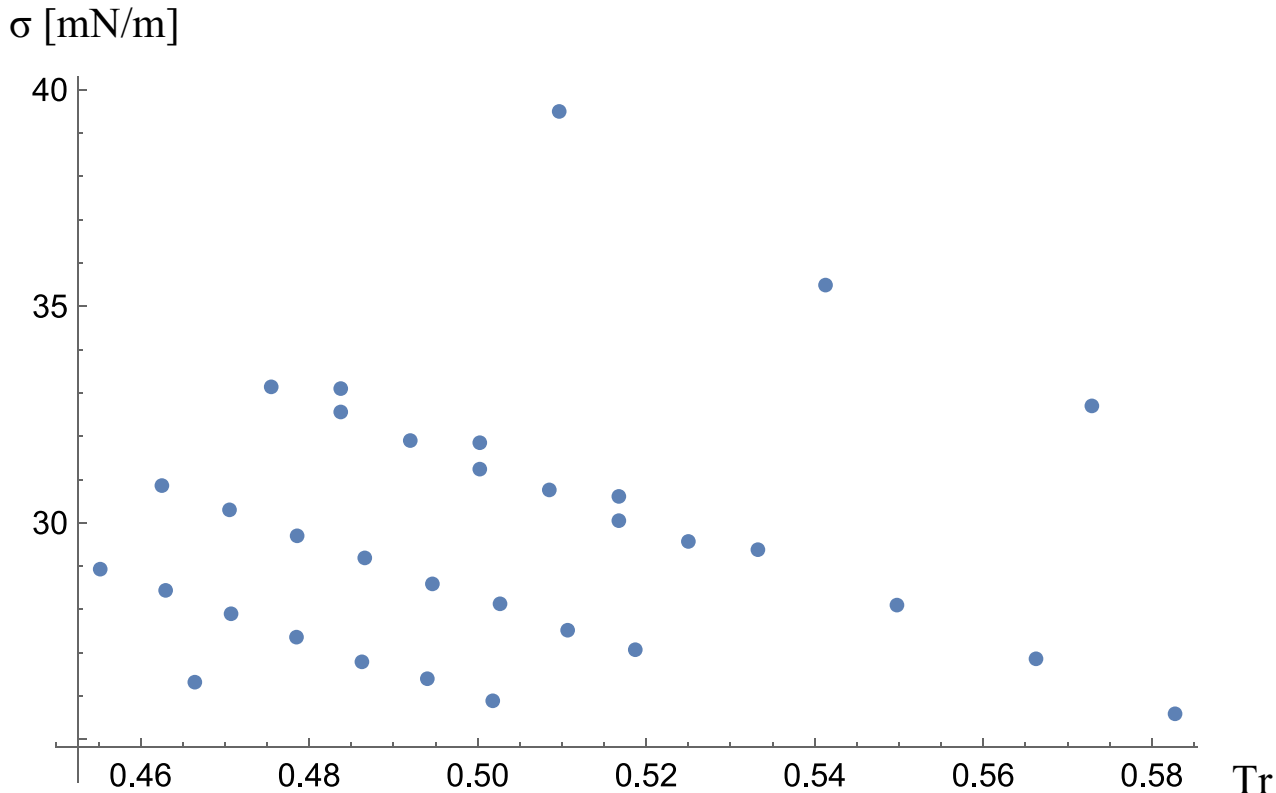
Possono essere formate da un acido tramite rimozione di molecole di acqua, reazione che può avvenire anche in senso inverso. La più semplice è l'anidride acetica, prodotta per condensazione di acido acetico con eliminazione di acqua: $\{2 \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow (\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}\}$.

Le anidridi sono in genere più reattive dei corrispondenti acidi, giacché possono reagire con l'acqua per formarli spontaneamente. Sono spesso ottimi disidratanti. L'anidride acetica è utile nell'acetilazione dell'acido salicilico, al contrario dell'acido acetico, il quale, reagendo, produce acqua, in grado di deteriorare il prodotto, l'acido acetilsalicilico. L'acetilazione o in genere l'acilazione di gruppi funzionali idrossilici è una metodica comune per la protezione dei gruppi stessi durante le sintesi organiche.[06]

Tabella 6: Anidridi

Fluid name	T [K]	Tc[K]	Tred	σ [mN/m]	n°valori di σ	Categoria
Acetic Anhydride	288.15/353.15	606.00	0.47549504950495/0.582755775577558	33.14/25.59	14	anhydrides
Propionic Anhydride	288.15/323.15	623.00	0.462520064205457/0.518699839486356	30.86/27.07	8	anhydrides
Butyric anhydride	293.15/323.15	644	0.455201863354037/0.501785714285714	28.93/25.89	7	anhydrides
Phthalic anhydride	403.15/453.15	791	0.509671302149178/0.572882427307206	39.5/32.7	3	anhydrides
Isobutyric anhydride	294.55	631.5	0.466429137	26.32	1	anhydrides

Grafico 6: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per le Anidridi.



Si può osservare che i valori di σ variano tra 25 e 40 mN/m a temperature che vanno da 288 a 453 K. In questo grafico è possibile distinguere gli andamenti dei pochi fluidi che costituisce la famiglia delle Anidridi, in particolare si può notare che l'Anidride ftalica ha valori di σ compresi tra 33 e 39.5 mN/m, più alti rispetto a quelli degli altri elementi.

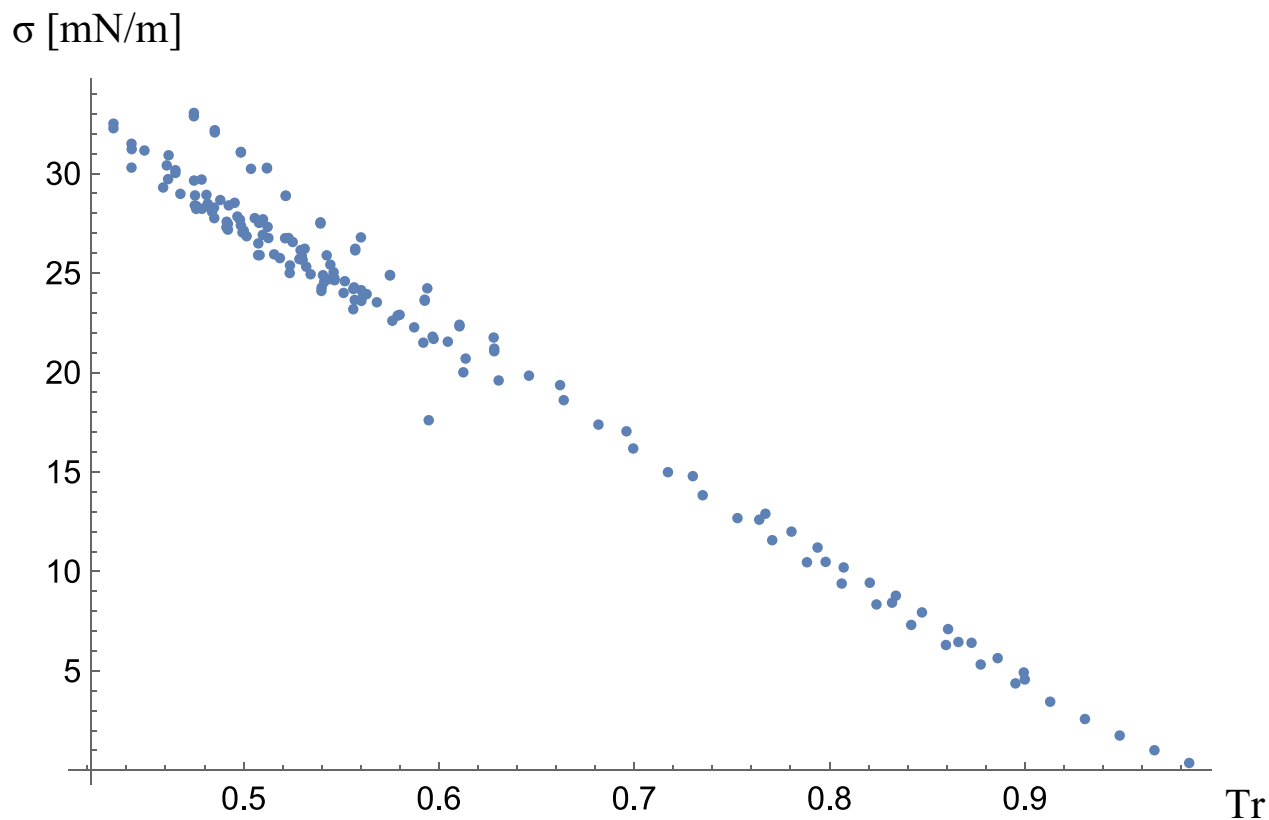
Aromatici

Benché l'aggettivo aromatico derivi dal fatto che i primi composti di questa classe a essere scoperti e identificati in passato possedessero odori intensi e caratteristici, oggi sono definiti come composti aromatici (o areni) tutti i "composti organici" che contengono uno o più anelli aromatici nella loro struttura. La presenza di tali anelli conferisce loro reattività particolari, molto diverse da quelle dei composti alifatici aventi peso molecolare e gruppi funzionali simili. [07]

Tabella 7: Aromatici

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Benzene	283,15/553,15	562.05	0,503780802419714/0,98416510986567	30,24/0,37	35	Aromatics
Toluene	273,15/373,15	591.75	0,461596958174905/0,630587241233629	30,92/19,6	27	Aromatics
1,2-DIMETHYLBENZENE	273,15/373,15	630.3	0,433365064255117/0,592019673171506	32,28/21,5	22	Aromatics
1,3-DIMETHYLBENZENE	273,15/343,15	617	0,442706645056726/0,556158833063209	31,23/23,18	20	Aromatics
1,4-DIMETHYLBENZENE	288,15/343,15	616.2	0,467624148003895/0,55688088283025	28,98/23,65	16	Aromatics
ETHYLBENZENE	273,15/333,15	617.15	0,442599043992546/0,539820140970591	31,5/24,1	10	Aromatics
NAPHTHALENE	355,15/673,15	748.4	0,474545697487974/0,899452164617851	33,05/4,92	19	Aromatics
ANTRACENE	488,93/785,7	873	0,560057273768614/0,9	26,792/4,5689	12	Aromatics

Grafico 7: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli aromatici.



Si può osservare che i valori di σ variano tra 0.37 e 33 mN/m a temperature che vanno da 283 a 785.7 K. In questo grafico i fluidi Naftalene e Antracene possiedono una T_c molto elevata, e quindi andamento di σ a temperature più elevate rispetto agli altri fluidi.

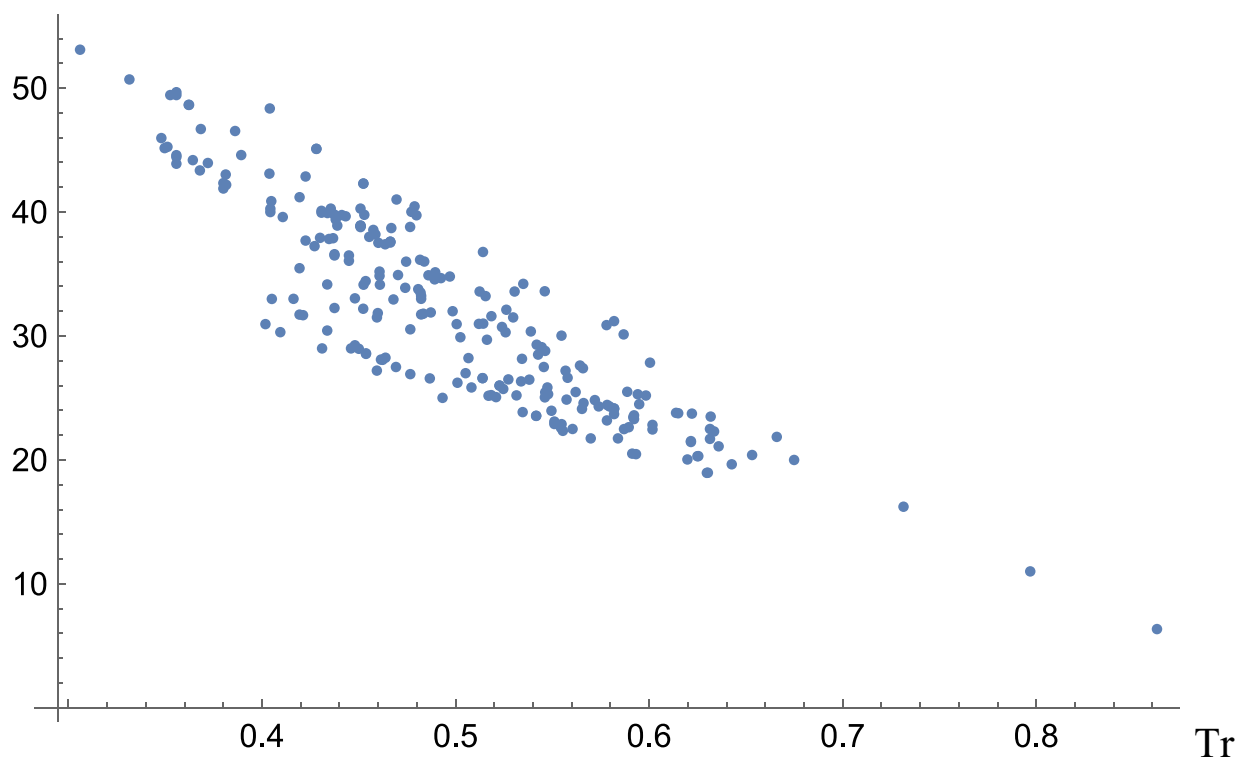
Composti del Bromo

Tabella 8: Composti di Br

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
1,4-dibromobenzene	367.95/482.15	738.15	0.498475919528551/0.653187021608074	32/20.4	8	C, H, Br compounds
Bromomethane	193.15/313.15	464	0.416271551724138/0.67489224137931	33.00/20.00	7	C, H, Br compounds
Bromoethane	283.15/313.15	503.8	0.562028582770941/0.621576022231044	25.48/21.45	17	C, H, Br compounds
Tetrabromoethane	252.15/448.65	824	0.306007281553398/0.544478155339806	53.1/29.1	19	C, H, Br compounds
1-Bromopropane	282.35/344.15	535.5	0.527264239028945/0.642670401493931	26.5/19.65	12	C, H, Br compounds
2-Bromopropane	288.15/314.55	532	0.541635338345865/0.591259398496241	23.56/20.51	8	C, H, Br compounds
1,2-dibromopropane	293.15/361.45	647.9	0.452461799660441/0.557879302361476	34.14/26.63	7	C, H, Br compounds
1,3-dibromopropane	285.45/360.55	680.6	0.419409344695857/0.529753158977373	41.2/31.5	11	C, H, Br compounds
bromobutane	288.15/359.25	570.4	0.505171809256662/0.629821178120617	27/18.96	10	C, H, Br compounds
bromoheptane	288.15/358.85	646.1	0.445983593870918/0.555409379353041	29/22.35	10	C, H, Br compounds
1,1-dibromoethane	283.15/335.55	628	0.450875796178344/0.534315286624204	40.28/28.16	6	C, H, Br compounds
1,2-Dibromoethane	283.15/404.45	650.15	0.435514881181266/0.622087210643698	40.28/23.74	22	C, H, Br compounds
Bromobenzene	255.65/426.15	670.15	0.381481757815414/0.635902409908229	42.2/21.1	33	C, H, Br compounds
bromonaphthalene	286.75/359.85	824	0.347997572815534/0.436711165048544	45.97/37.89	17	C, H, Br compounds
Tribromomethane	281.2/600.2	696	0.404022988505747/0.862356321839081	48.3585/6.35531	14	C, H, Br compounds
Dibromomethane	291.55/358.55	611	0.477168576104746/0.586824877250409	40.02/30.13	7	C, H, Br compounds
2-Bromobutane	284.05/336.35	567	0.500970017636684/0.59320987654321	26.23/20.47	7	C, H, Br compounds
4-Bromotoluene	293.15/437.15	699	0.419384835479256/0.625393419170243	35.47/20.31	17	C, H, Br compounds
vinyl bromide	293.15/298.15	473	0.619767441860465/0.630338266384778	20.04/18.97	2	C, H, Br compounds
1-Bromododecane	292.45/359.05	727.9	0.401772221458992/0.493268306086001	30.96/25.01	5	C, H, Br compounds

Grafico 8: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per i composti del Bromo.

σ [mN/m]



I valori σ vanno da 6.35 a 48.36 mN/m, a temperature che vanno da 193 a 600 K.

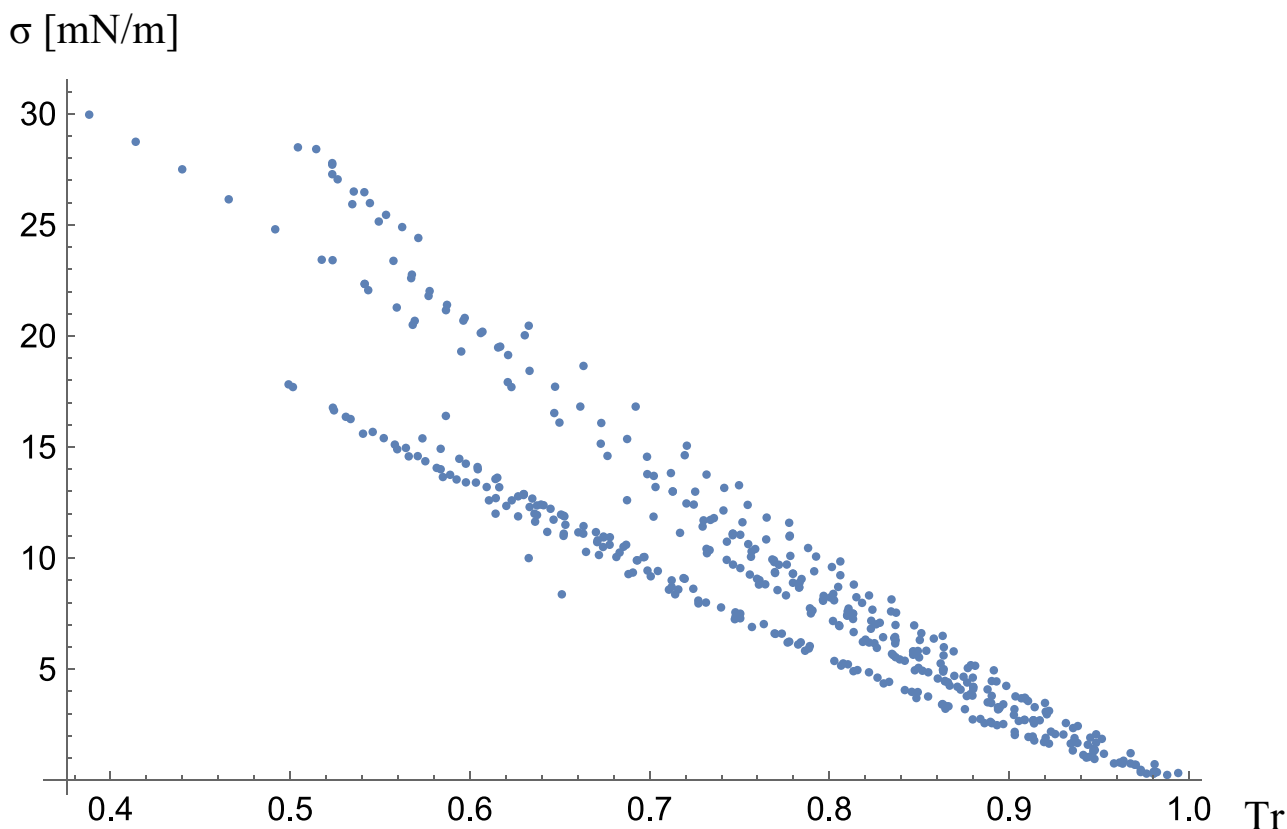
Da notare che il Bromometano possiede valori di tensione superficiale a temperature molto al di sotto dello 0, ed il Tribromometano raggiunge valori di σ molto bassi, fino a 6.3 mN/m.

Composti del Fluoro

Tabella 9: Composti del Fluoro

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Difluoromethane	222.25/333.14	351.255	0.63273120667321/0.948427780387468	20.46/1.69	45	C, H, F compounds
Trifluoromethane	210/293.15	299.01	0.702317648239189/0.980401993244373	13.7/0.3	40	C, H, F compounds
Carbon tetrafluoride	113.55/136	227.51	0.499098940705903/0.597775921937497	17.82/13.41	15	C, H, F compounds
Ethyl fluoride	233.16/373.1	375.31	0.621246436279342/0.994111534464842	19.14/0.327	32	C, H, F compounds
Trifluoroethane	253.66/333.15	345.88	0.733375737249913/0.963195327859373	10.36/0.75	29	C, H, F compounds
Decafluorobutane	233.5/265.4	386.35	0.604374272033131/0.686941892066779	14/10.6	8	C, H, F compounds
Perfluoro-n-hexane	283.18/444.15	449.55	0.629918807696585/0.987987987987988	12.88/0.24	25	C, H, F compounds
Perfluoro-n-octane	288.05/488.75	502.2	0.57357626443648/0.973217841497411	15.39/0.37	28	C, H, F compounds
Perfluoro-n-nonane	293.15/494.05	523.9	0.559553349875931/0.94302347762932	14.9/1.02	34	C, H, F compounds
Perfluoro-n-decane	308.15/489.85	542.35	0.568175532405273/0.903199041209551	20.5/2.04	20	C, H, F compounds
Perfluoro-n-dodecane	386.65	570.5	0.677738826	10.6	1	C, H, F compounds
1,3-difluorobenzene	293.15	548.4	0.534555069	25.93	1	C, H, F compounds
1,1-Difluoroethane	150/343.17	386.44	0.3881585757168/0.888029189524894	29.96/4.09	38	C, H, F compounds
Pentafluoroethane	233.15/308.2	339.165	0.687423525422729/0.90870225406513	12.606/2.71	39	C, H, F compounds
1,4-difluorobenzene	293.15/318.15	556.9	0.526396121386245/0.571287484288023	27.05/24.41	6	C, H, F compounds
fluorobenzene	293.15/353.15	560.09	0.504293952757592/0.630523665839419	27.71/20.03	8	C, H, F compounds
Hexafluorobenzene	288.05/318.15	516.73	0.557447796721692/0.615698720801966	23.38/19.48	13	C, H, F compounds
Perfluoro-n-pentane	273.55/413.15	423.1	0.646537461593004/0.976483100921768	11.73/0.3	17	C, H, F compounds
Perfluoro-n-heptane	293.15/462.95	475.65	0.616314516976769/0.973299695154	13.19/0.47	17	C, H, F compounds
Benzotrifluoride	293.15/313.15	559.9	0.523575638506876/0.559296302911234	23.41/21.28	4	C, H, F compounds
Tetrafluoroethane	233.15/363.15	374.18	0.623095836228553/0.970522208562724	17.7/0.7	30	C, H, F compounds

Grafico 9: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per i composti del fluoro.



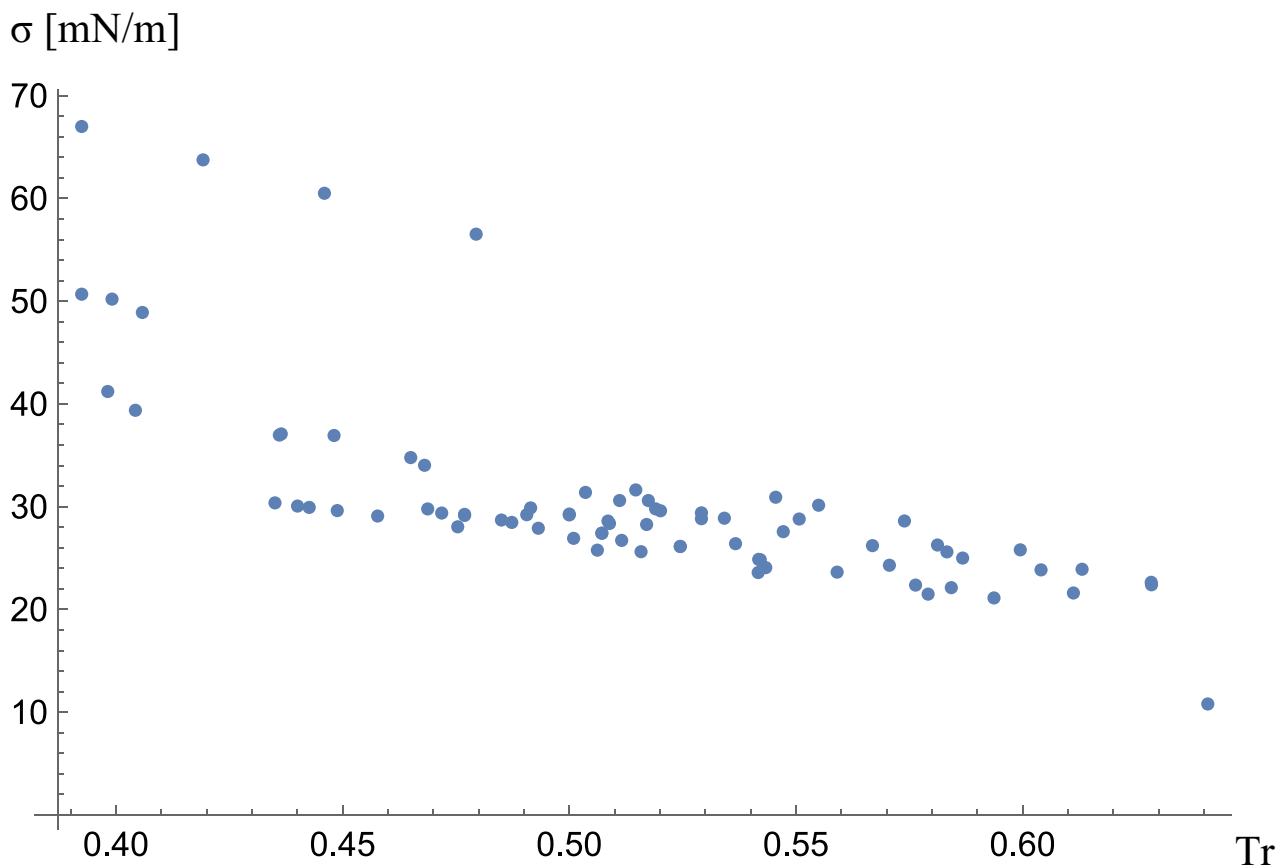
I valori σ vanno da 0.24 a 30 mN/m circa, a temperature che vanno da 113.5 a 494 K; tali valori si abbassano notevolmente quando la temperatura si avvicina a quella critica.

Composti dello Iodio

Tabella 10: Composti dello Iodio

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Methyl iodide	288.15/316.65	528.2	0.545531995456267/0.599488829988641	30.92/25.8	4	C, H, I compounds
Ethyl iodide	283.15/348.15	554	0.511101083032491/0.628429602888087	25.8/22.4	11	C, H, I compounds
1-Iodopropane	287.65/358.35	586.3	0.4906191369606/0.611205867303428	29.22/21.6	10	C, H, I compounds
2-Iodopropane	289.55/343.15	578	0.500951557093426/0.593685121107266	26.92/21.12	12	C, H, I compounds
Iodobenzene	287.15/462.15	721.15	0.398183456978437/0.640851417874229	41.21/10.8	16	C, H, I compounds
Diodomethane	293.15/303.15	747	0.39243641231593/0.405823293172691	67/48.9	7	C, H, I compounds
n-hexyl iodide	288.15/358.75	662.3	0.435074739544013/0.541672957874075	30.37/23.59	8	C, H, I compounds
n-butyl iodide	288.15/359.15	614.7	0.468765251342118/0.584268748983244	29.78/22.12	10	C, H, I compounds

Grafico 10: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per i composti dello Iodio.



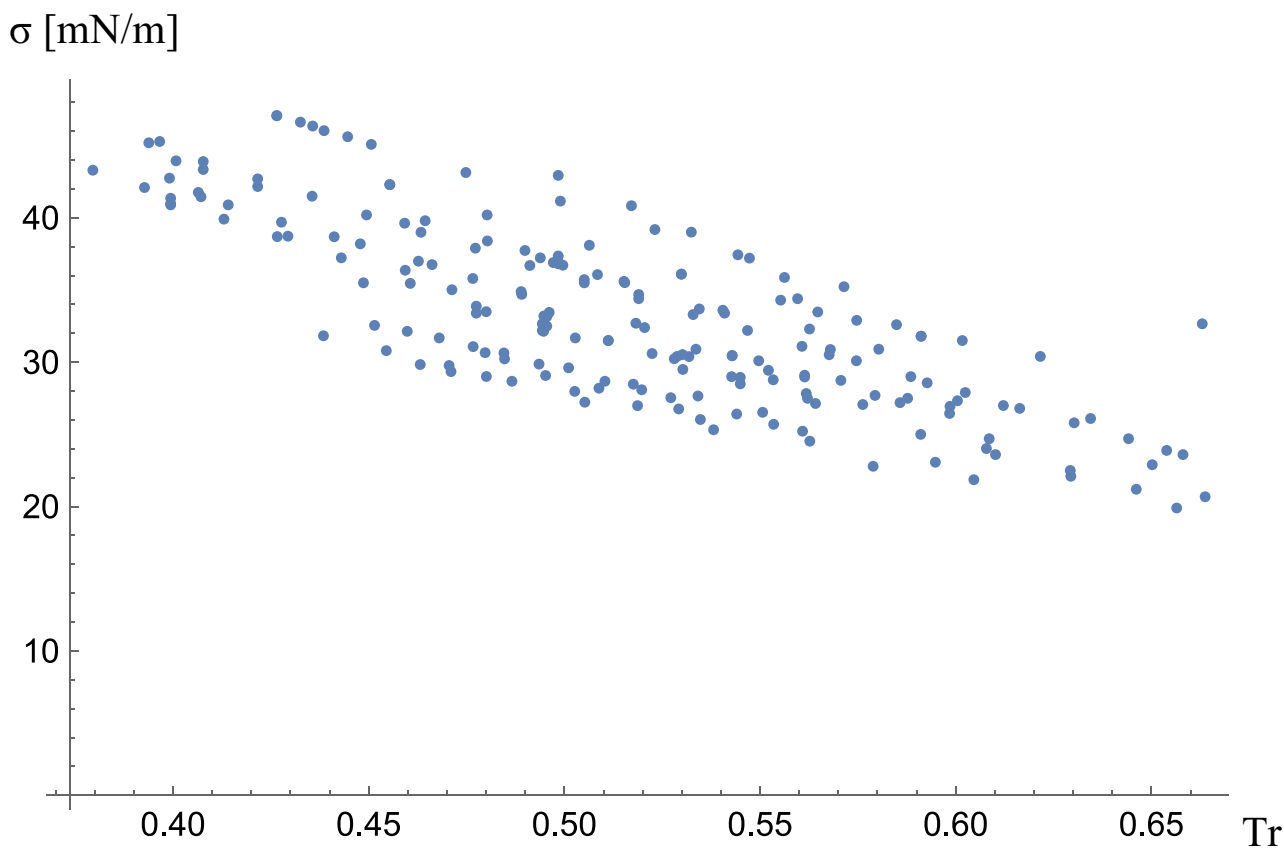
I valori di σ vanno da 10.8 a 67 mN/m circa; quelli compresi tra 48.9 e 67 mN/m che possiedono un andamento diverso da quello generale nel grafico, sono relativi al “Diodometano”. I valori di σ sono stati misurati alla temperatura che va da 283 a 462 K.

Composti di NO₂

Tabella 11: Composti di NO₂

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Nitromethane	273.15/373.15	588.15	0.46442234123948/0.634446994814248	39.8/26.1	20	C,H,NO ₂ compounds
Nitroethane	273.15/383.15	593	0.460623946037099/0.646121416526138	35.46/21.2	19	C,H,NO ₂ compounds
1-Nitropropane	273.15/359.85	605	0.451487603305785/0.594793388429752	32.55/23.07	12	C,H,NO ₂ compounds
2-Nitropropane	273.15/359.15	594	0.459848484848485/0.60462962962963	32.14/21.86	12	C,H,NO ₂ compounds
tetranitromethane	288.15/323.15	540	0.533611111111111/0.598425925925926	30.9/26.45	8	C,H,NO ₂ compounds
1-Nitrobutane	273.15/360.65	623	0.438443017656501/0.578892455858748	31.83/22.79	13	C,H,NO ₂ compounds
o-Nitrotoluene	273.25/468.15	720	0.379513888888889/0.650208333333333	43.3/22.9	19	C,H,NO ₂ compounds
p-Nitrotoluene	329.15/487.75	743	0.44300134589502/0.656460296096904	37.23/19.9	18	C,H,NO ₂ compounds
m-Nitrotoluene	293.15/388.15	734	0.399386920980926/0.528814713896458	41.36/30.4	11	C,H,NO ₂ compounds
Nitrobenzene	285.15/473.15	719	0.396592489568846/0.658066759388039	45.29/23.6	34	C,H,NO ₂ compounds
m-dinitrobenzene	367.95/477.65	808	0.455383663366337/0.59115099009901	42.3/31.8	10	C,H,NO ₂ compounds
o-dinitrobenzene	399.15/482.25	831	0.480324909747292/0.580324909747292	38.4/30.9	6	C,H,NO ₂ compounds
p-dinitrobenzene	449.35/499.15	803	0.55958904109589/0.621606475716065	34.4/30.4	4	C,H,NO ₂ compounds
2,4,6-trinitrotoluene	353.15/473.15	828	0.426509661835749/0.571437198067633	47.09/35.23	12	C,H,NO ₂ compounds

Grafico 11: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per i Composti del NO₂.



I valori σ vanno da 19.9 a 47 mN/m, a temperature che vanno da 273 a 499 K. In questa famiglia vi è il fluido “Trinitrotoluene” che presenta valori di σ particolarmente elevati con andamento diverso, che vanno da 35 a 47 mN/m.

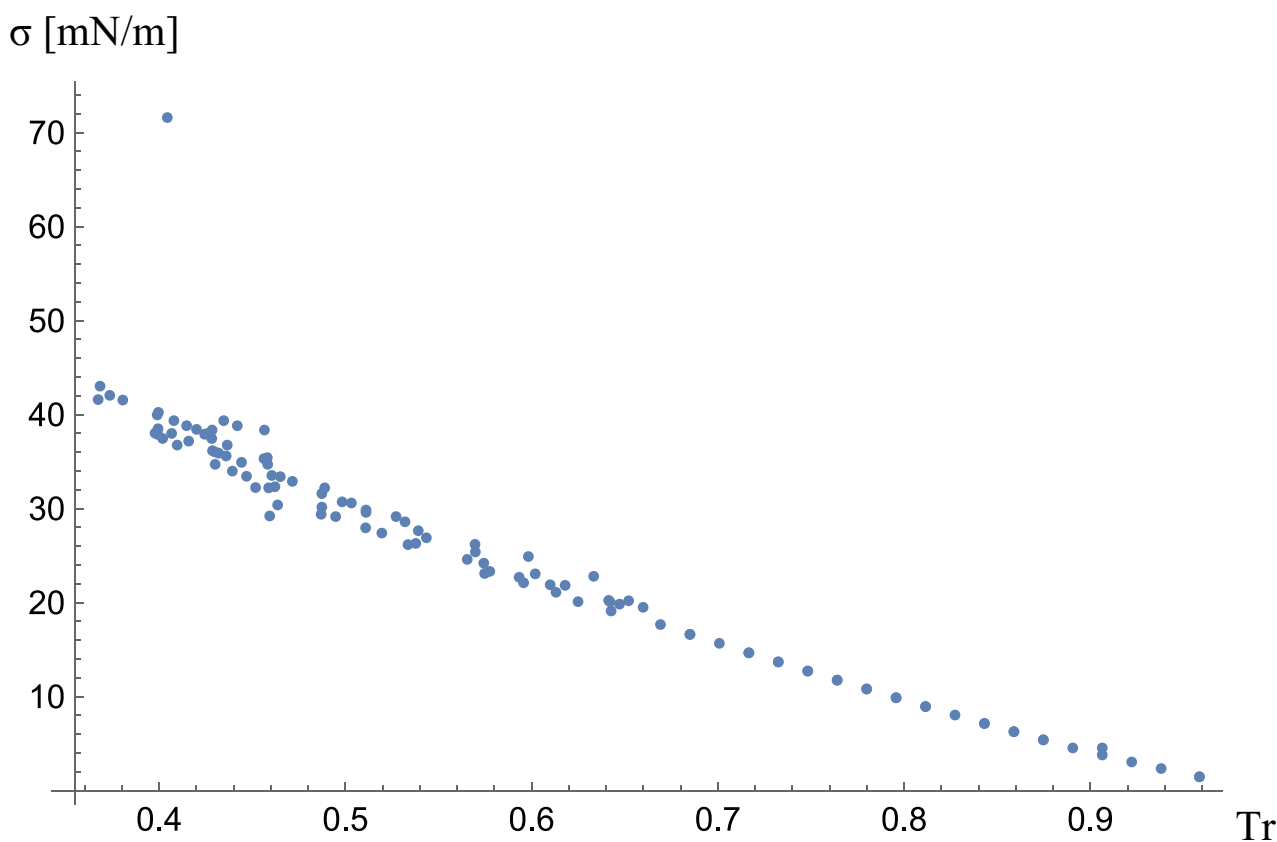
Cloruri

Nella chimica organica si definiscono genericamente cloruri tutti i composti organici che contengono un atomo di cloro, indipendentemente dal tipo di legame. Così ad esempio il clorometano, ottenuto dal metano per sostituzione di un atomo d'idrogeno con uno di cloro, è annoverato fra i cloruri: in questa molecola il legame carbonio-cloro non è un legame ionico ma covalente polare. [08]

Tabella 12: Cloruri

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Benzyl chloride	298.15/452.65	686	0.434620991253644/0.659839650145773	39.36/19.5	10	Chlorides
Monochlorobenzene	257.15/606.15	632.35	0.406657705384676/0.958567249149996	38/1.47	45	Chlorides
o-dichlorobenzene	293.15/313.15	705	0.415815602836879/0.444184397163121	37.18/34.92	3	Chlorides
m-dichlorobenzene	251.15/433.15	683.95	0.367205205058849/0.633306528254989	41.6/22.8	11	Chlorides
p-dichlorobenzene	341.15/443.15	684.75	0.498211025921869/0.647170500182548	30.72/19.84	14	Chlorides
benzotrichloride	293.15/294.15	737	0.397761194029851/0.399118046132971	38.03/37.9	2	Chlorides
o-chlorotoluene	288.15/303.15	656	0.439253048780488/0.462118902439024	33.99/32.33	3	Chlorides
p-chlorotoluene	298.15/424.15	660	0.451742424242424/0.642651515151515	32.24/19.11	7	Chlorides
1-Chloronaphthalene	289.05/358.15	785	0.368216560509554/0.456242038216561	43.03/35.32	9	Chlorides
1,2,4-Trichlorobenzene	293.15	725	0.404344828	71.6	1	Chlorides
Benzyl chloride	293.75/476.65	731	0.401846785225718/0.652051983584131	37.46/20.2	9	Chlorides

Grafico 12: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli Cloruri.



I valori σ vanno da 1.47 a 71.6 mN/m, quest'ultimo valore, piuttosto elevato rispetto agli altri, appartiene al "triclorobenzene". Le temperature corrispondenti ai valori di σ vanno da 251 a 606 K.

Cicloalcani

I cicloalcani (o nafteni) sono composti organici monociclici saturi (cioè che non contengono legami doppi o tripli tra atomi di carbonio) costituiti solamente da atomi di carbonio e di idrogeno (e per questo appartenenti alla più ampia classe degli idrocarburi). Appartengono inoltre alla classe dei composti aliciclici (che comprende inoltre i cicloalcheni e i cicloalchini).

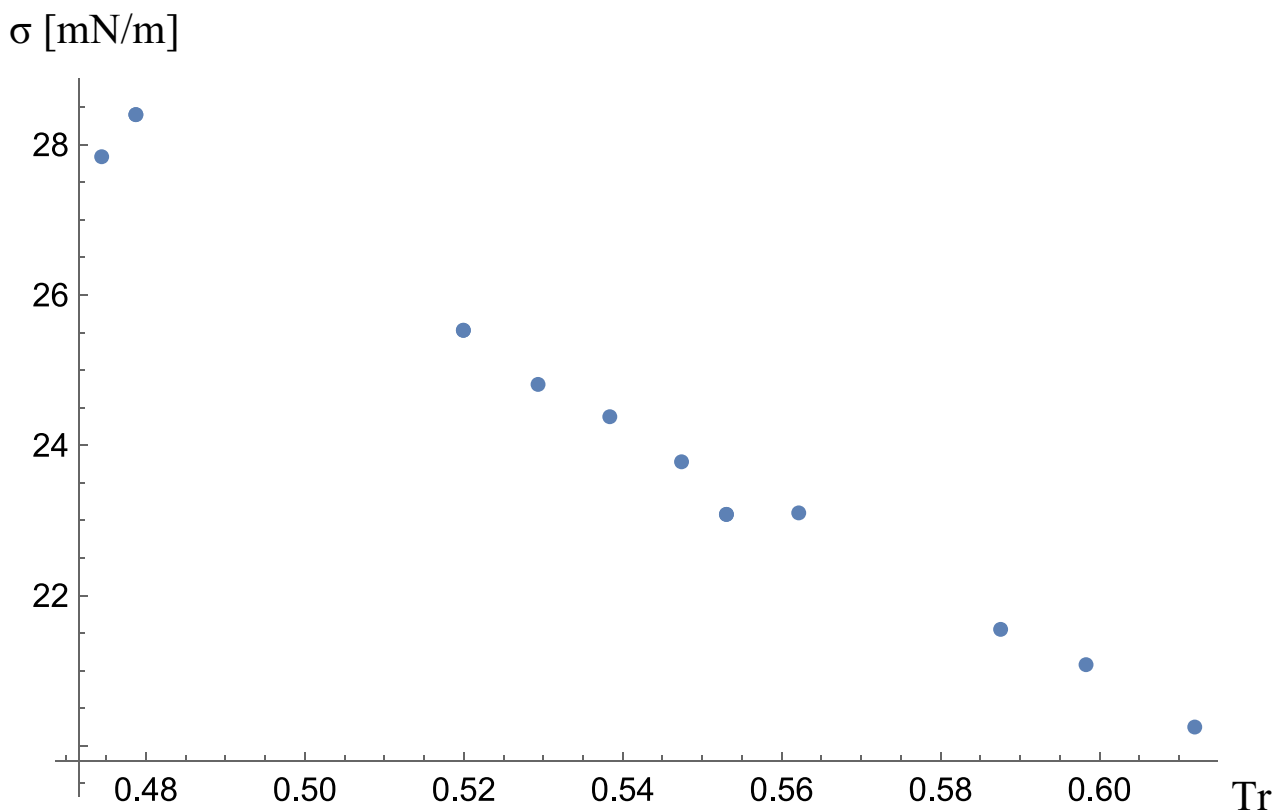
I cicloalcani presentano formula bruta C_nH_{2n} . Esempi di cicloalcani sono il ciclobutano e il cicloesano.

Simili agli alcani, si differenziano da questi ultimi in quanto nella loro struttura gli atomi di carbonio sono uniti a formare un anello chiuso. [09]

Tabella 13: Cicloalcani

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Cyclopentane	287.65/313.15	511.70	0.562145788547977/0.611979675591167	23.1/20.25	4	Cicloalkanes
CYCLOHEXANE	293.15/303.15	553.80	0.529342723004695/0.547399783315276	24.81/23.78	3	Cicloalkanes
CYCLOHEPTANE	286.65/334.15	604.2	0.474428997020854/0.553045349222112	27.84/23.08	7	Cicloalkanes

Grafico 13: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per i Cicloalcani.



Sono stati trovati dati di σ per soltanto 3 elementi di questa famiglia, ovvero Ciclopentano, Cicloesano e Cicloetano. Le tensioni superficiali vanno da 20 a 28 mN/m circa a temperature che vanno da 286,7 a 334 K.

Cicloalcheni

I cicloalcheni sono idrocarburi monociclici contenenti un doppio legame C=C.

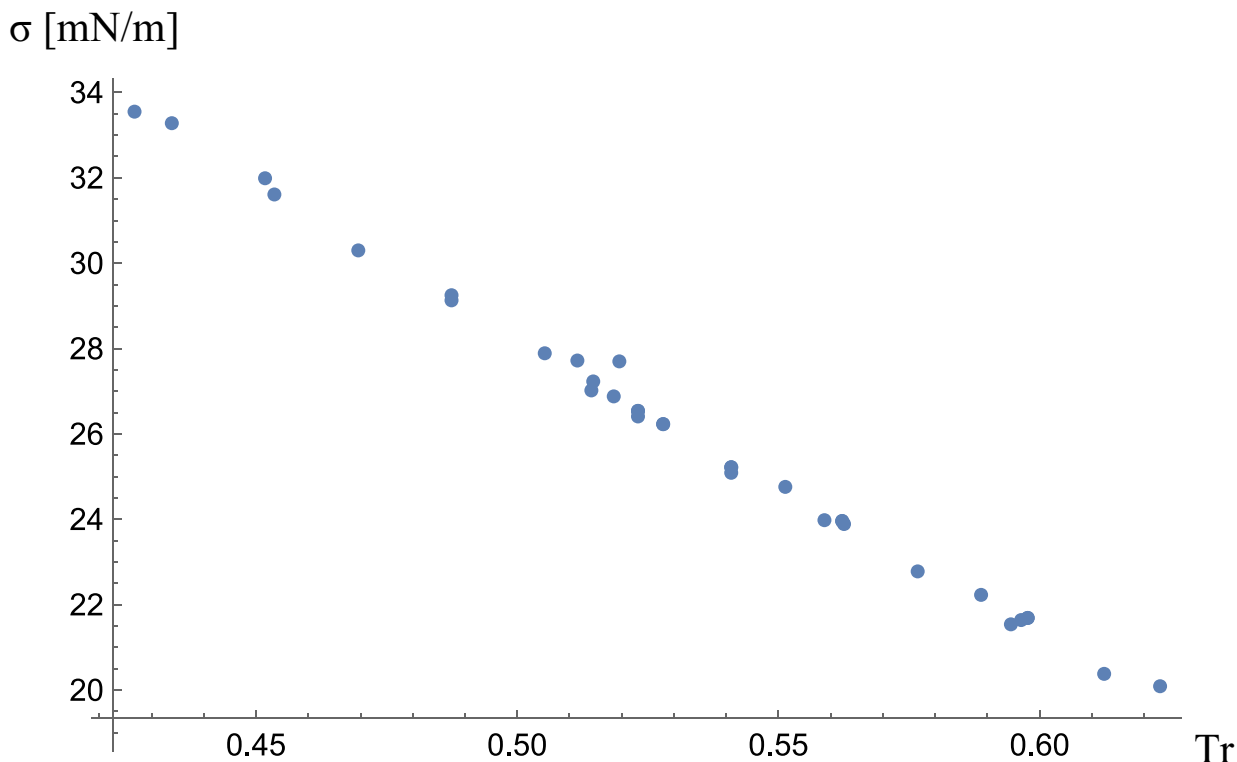
Presentano formula bruta C_nH_{2n-2} .

Gli atomi di carbonio sono uniti tra loro attraverso legami covalenti, due atomi carbonio adiacenti sono però uniti da un legame covalente doppio. Sono quindi simili agli alcheni, si differenziano però da essi in quanto nella loro struttura gli atomi di carbonio sono uniti a formare un anello. Esempi di cicloalcheni sono il ciclobutene e il ciclopentene. A causa della loro struttura, solitamente i cicloalcheni sono molecole con una certa tensione di anello (vi sono almeno due atomi di carbonio ibridati sp^2), per cui la reazione di apertura dell'anello non è molto difficile. La sintesi dei cicloalcheni può avvenire grazie ad una reazione periciclica. [10]

Tabella 14: Cicloalcheni

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Cyclohexene	239.15/349.15	560.40	0.42674875089222/0.623037116345468	33.55/20.09	34	Cicloalkenes

Grafico 14: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per i ciclo-alcheni.



I 34 valori di σ appartengono ad un solo elemento cioè il “Cicloesene”, e vanno da 20 a 33.5 mN/m circa, a temperature che vanno da 239 a 349 K.

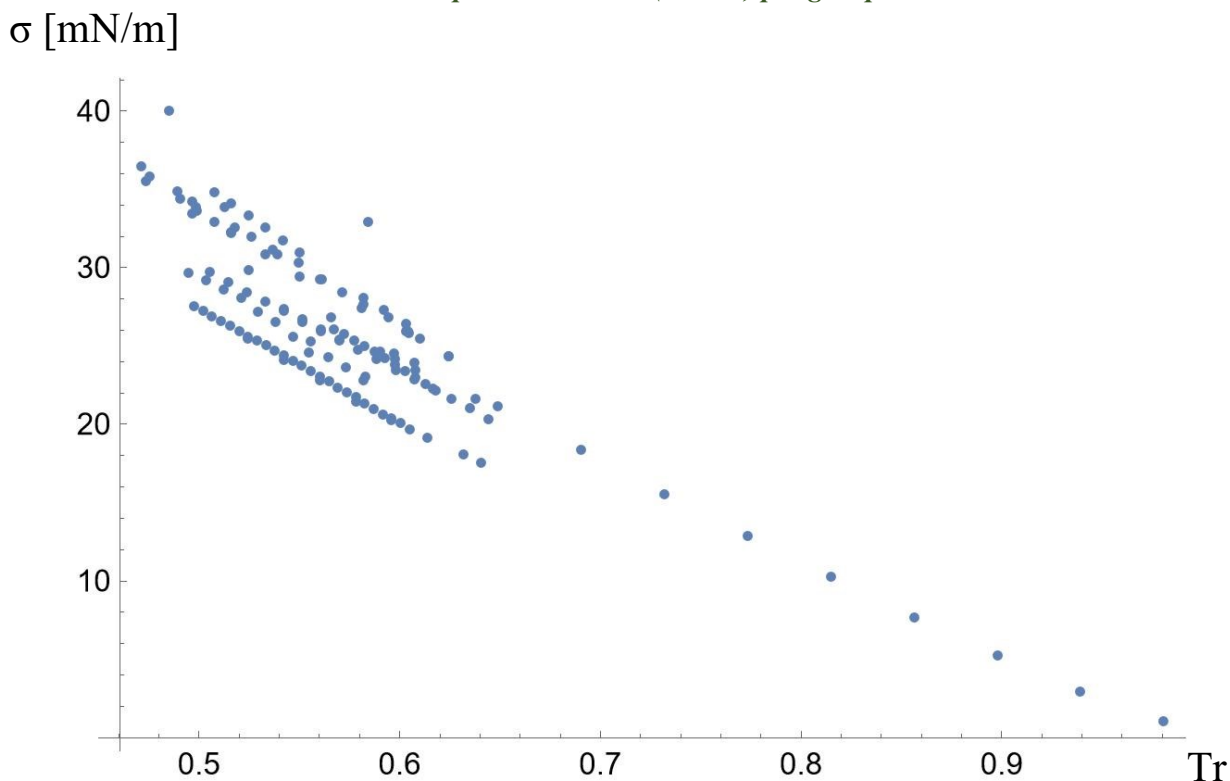
Epossidi

Un epossido, detto anche ossirano, è un etere ciclico in cui l'ossigeno è uno degli atomi di un anello a tre termini. La molecola di un epossido è del tipo $R_1R_2C(O)CR_3R_4$ con gli R radicali alchilici o arilici. Pur essendo degli eteri, essi presentano una reattività del tutto eccezionale e degli schemi di sintesi alquanto differenti. In generale, gli epossidi a basso peso molecolare sono gas o liquidi volatili molto infiammabili, incolori e poco polari, solubili anche in acqua (con la quale però lentamente reagiscono), oltre che nei comuni solventi organici eterei, idrocarburici o alogenati. [11]

Tabella 15: Epossidi

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
2-Methyltetrahydrofuran	298,15/313,15	537	0,555214152700186/0,583147113594041	24,55/23	2	Epoxidics
1,4-dioxane	298,15/374,65	587	0,507921635434412/0,63824531516184	34,75/21,59	14	Epoxidics
1,3,5-Trioxane	293,15/353,15	604	0,485347682119205/0,584685430463576	39,95/32,9	2	Epoxidics
Ethylene oxide	221,15/293,15	469.15	0,471384418629436/0,624853458382181	36,4/24,3	27	Epoxidics
1,2-propylene oxide	253,15/473,15	482.25	0,524935199585277/0,981130119232763	29,8/1	13	Epoxidics
Tetrahydropyran	283,15/333,15	572.04	0,494982868330886/0,582389343402559	29,61/22,75	11	Epoxidics
Furan	278.15/303.15	490.15	0.567479343058247/0.618484137508926	26.03/22.08	14	Epoxidics
Tetrahydrofuran	273.15/348.15	540.15	0.505692863093585/0.64454318244932	29.7/20.3	20	Epoxidics
2,5-Dimethylfuran	278.15/358.15	558.6	0.497941281775868/0.641156462585034	27.5/17.5	33	Epoxidics
1,3-dioxane	293.15	590	0.496864407	33.38	1	Epoxidics

Grafico 15: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli Epossidi.



I valori σ vanno da 1 a 44 mN/m, a temperature che vanno da 221 a 473 K.

I valori che hanno un andamento diverso da quello generale, appartengono al “Triossano”, con andamento superiore rispetto a quello generale, ed il “Dimetilfurano”, con andamento inferiore rispetto a quello generale.

Esteri

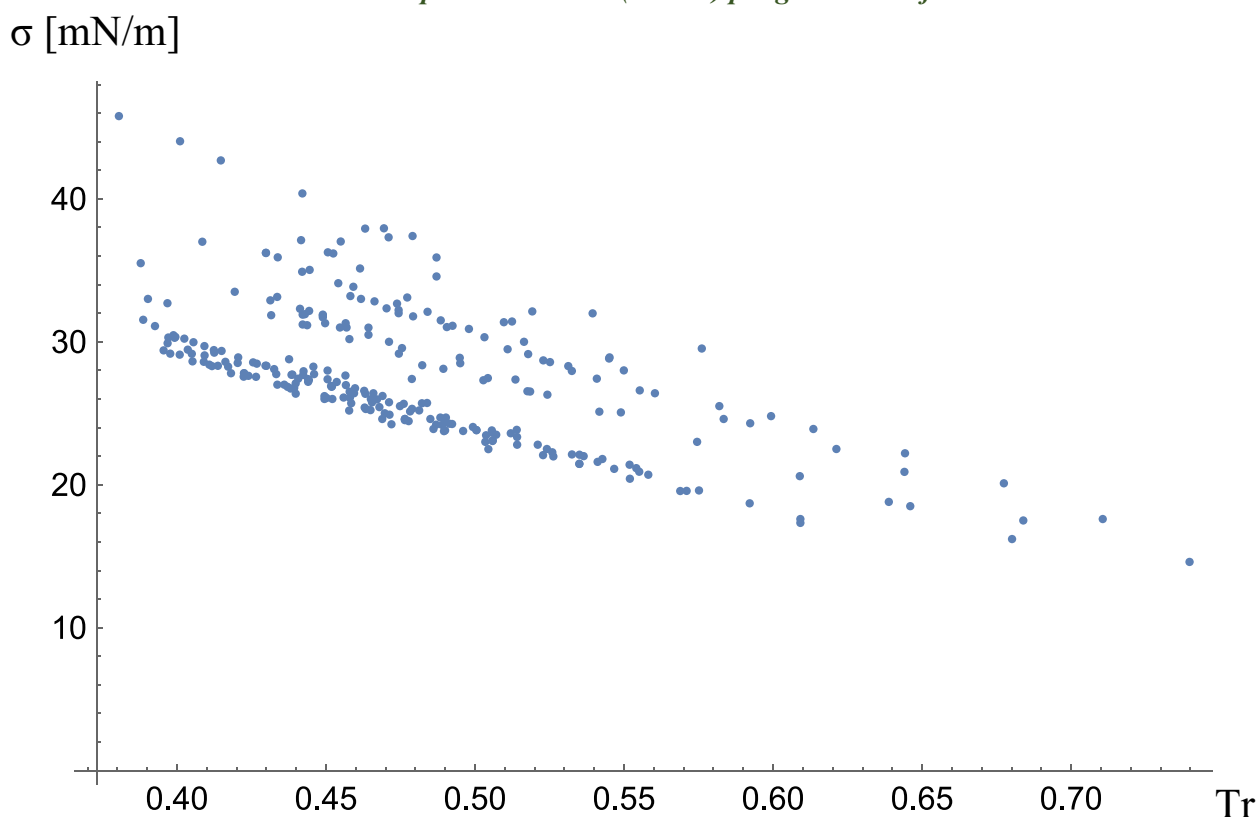
In chimica, un estere è un composto derivato da un Ossoacido (organico o inorganico) in cui almeno un gruppo idrossilico ($-OH$) è sostituito da un gruppo Alcossilico ($-O-R$), come nella reazione di sostituzione di un acido carbossilico e un alcol. I gliceridi sono esteri di acidi grassi del glicerolo; sono importanti in biologia, essendo una delle principali classi di lipidi e comprendendo la maggior parte dei grassi animali e degli oli vegetali.

Gli esteri hanno tipicamente un odore gradevole; quelli a basso peso molecolare sono comunemente usati come fragranze e si trovano negli oli essenziali e nei feromoni. Funzionano come solventi di alta qualità per un'ampia gamma di materie plastiche, plastificanti, resine e lacche e sono una delle più grandi classi di lubrificanti sintetici sul mercato commerciale. I poliesteri sono materie plastiche importanti, con monomeri legati da frazioni di estere. I Fosfo-esteri costituiscono la spina dorsale delle molecole di DNA. Gli esteri nitrati, come la nitroglicerina, sono noti per le loro proprietà esplosive. [12]

Tabella 16: Esteri Alifatici

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
gamma-butyrolactone	278.15/343.15	731	0.380506155950752/0.469425444596443	45.79/37.94	5	Esters, aliphatic
Ethyl caprylate	287.15/360.25	649	0.442449922958398/0.555084745762712	27.94/20.91	16	Esters, aliphatic
n-butyl valerate	291.35/359.15	629	0.463195548489666/0.570985691573927	25.66/19.57	5	Esters, aliphatic
Ethyl isovalerate	288.15/358.15	587.95	0.490092694957054/0.609150437962412	24.4/17.33	15	Esters, aliphatic
n-butyl stearate	298.15/303.15	764	0.390248691099476/0.396793193717277	33/32.7	2	Esters, aliphatic
Diethyl oxalate	252.45/457.15	618	0.408495145631068/0.739724919093851	37/14.6	24	Esters, aliphatic
diethyl malonate	253.25/444.15	653	0.387825421133231/0.680168453292496	35.5/16.2	24	Esters, aliphatic
Methyl decanoate	293.15/361.25	686.9	0.426772455961566/0.525913524530499	28.47/22.27	11	Esters, aliphatic
Diethyl succinate	293.65/359.15	663	0.442911010558069/0.541704374057315	31.93/25.11	17	Esters, aliphatic
Methyl dodecanoate	286.55/360.05	712	0.402457865168539/0.505688202247191	30.22/23.64	11	Esters, aliphatic
2,2,4-trimethyl-1,3-pentadiol diisobutyrate	295.15/333.15	705.9	0.418118713698824/0.471950701232469	27.8/24.23	3	Esters, aliphatic
Methyl stearate	313.15/373.15	781.1	0.400908974523108/0.477723722954807	29.1/24.45	7	Esters, aliphatic
Ethyl caprate	289.25/359.75	688.1	0.420360412730708/0.522816451097224	28.52/22.07	6	Esters, aliphatic
Ethyl Palmitate	295.15/419.15	759.4	0.388662101659205/0.551948907031867	31.54/20.42	28	Esters, aliphatic
Methyl Palmitate	303.15/373.15	762.2	0.397730254526371/0.489569666754133	29.17/23.75	8	Esters, aliphatic
Methyl Myristate	293.15/373.15	741.2	0.395507285483/0.503440366972477	29.4/23	13	Esters, aliphatic
Methyl Caprylate	284.75/360.55	650.7	0.437605655447979/0.554095589365299	28.78/21.16	18	Esters, aliphatic
Ethyl laurate	293.15/361.35	716.3	0.409255898366606/0.504467401926567	29.05/22.49	7	Esters, aliphatic
Ethyl myristate	293.15/348.15	738.7	0.396845810207121/0.471300934073372	29.9/24.9	8	Esters, aliphatic
Dimethyl glutarate	293.15/363.15	682	0.429838709677419/0.532478005865103	36.23/27.96	12	Esters, aliphatic
Dimethyl Succinate	290.15/449.35	657	0.441628614916286/0.683942161339422	37.11/17.5	18	Esters, aliphatic
Dimethylmalonate	288.25/298	622.4	0.463126606683805/0.47879177377892	37.92/27.4	10	Esters, aliphatic

Grafico 16: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli esteri Alifatici.

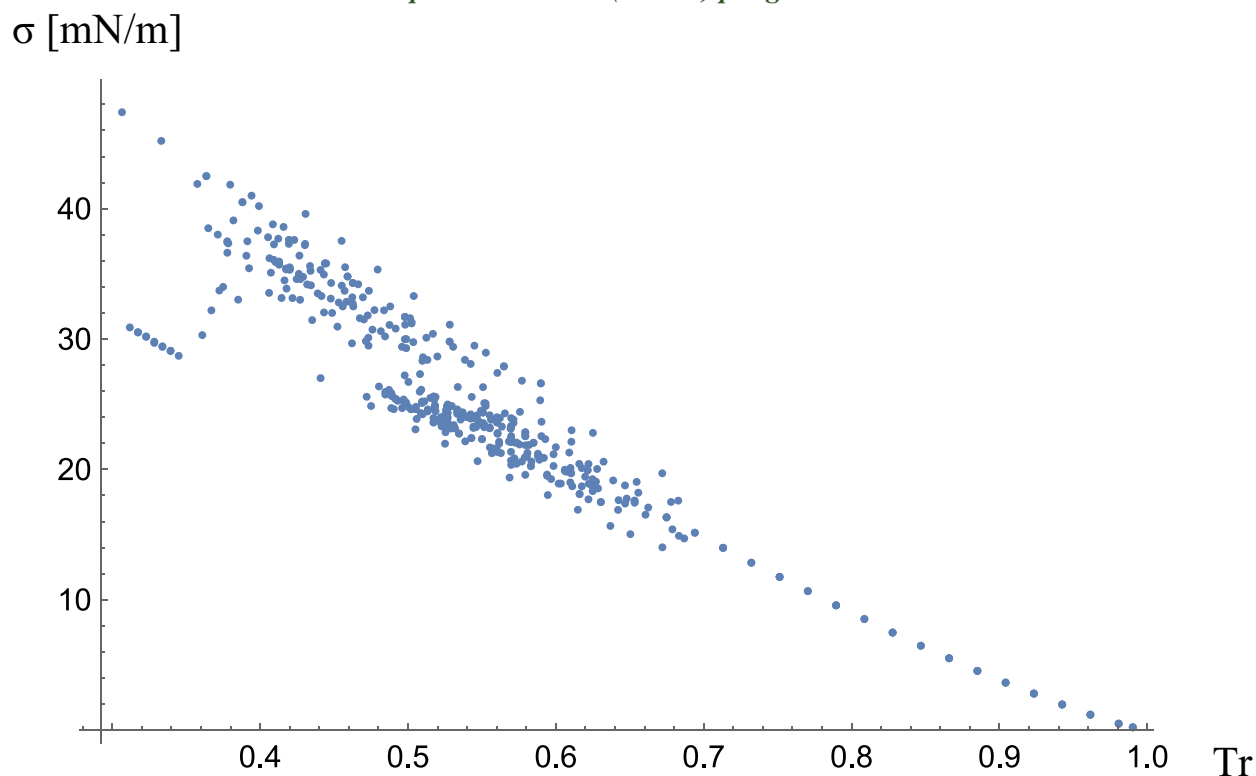


I valori σ vanno da 14.5 a 46 mN/m, a temperature che vanno da 252 a 457 K. In questa famiglia vi è il “Butirrolattone”, che possiede valori di σ con andamento diverso da quello generale.

Tabella 17: Esteri Aromatici

Fluid name	T [K]	Tc[K]	Tred	σ [mN/m]	n°valori di σ	Categoria
METHYL PROPIONATE	283.15/343.15	530.60	0.533641160949868/0.646720693554467	26.32/18.77	14	Esters, aromatics
ETHYL ACETATE	288.15/518.15	523.3	0.550640168163577/0.990158608828588	24.36/0.21	88	Esters, aromatics
PROPYL FORMATE	293.15/334.35	538	0.544888475836431/0.621468401486989	29.49/19.94	19	Esters, aromatics
PROPYL ACETATE	283.15/373.15	549.73	0.515071034871664/0.67878776854092	25.48/15.4	35	Esters, aromatics
ETHYL PROPIONATE	283.15/353.15	546	0.518589743589744/0.646794871794872	25.55/17.38	21	Esters, aromatics
Methyl pentanoate	292.45/359.75	571	0.512171628721541/0.630035026269702	25.85/18.82	5	Esters, aromatics
ETHYL n-BUTYRATE	278.15/392.15	571	0.487127845884413/0.6867758318739	26.1/14.7	17	Esters, aromatics
BUTYL ACETATE	293.15/359.55	575.4	0.509471671880431/0.624869655891554	25.2/18.33	22	Esters, aromatics
ISOBUTYL ETHANOATE	278.15/383.15	560.8	0.49598787446505/0.683220399429387	24.7/14.9	14	Esters, aromatics
n-PENTYL FORMATE	288.15/359.85	576	0.500260416666667/0.624739583333333	26.71/19.25	7	Esters, aromatics
PENTYL ACETATE	288.15/403.15	599.9	0.480330055009168/0.672028671445241	26.36/14.02	35	Esters, aromatics
Propanoic acid butyl ester	288.15/358.75	594.6	0.484611503531786/0.603346787756475	25.94/18.91	5	Esters, aromatics
BUTYL PROPANOATE	288.15/358.75	594.6	0.484611503531786/0.603346787756475	25.94/18.91	8	Esters, aromatics
METHYLBUTYL ETHANOATE	288.15/361.05	586.1	0.49163965193653/0.616021156799181	25.4/18.11	26	Esters, aromatics
Benzyl acetate	288.15/358.15	699	0.412231759656652/0.512374821173104	37.7/30.1	12	Esters, aromatics
Benzyl benzoate	251.35/483.65	820	0.306524390243902/0.589817073170732	47.4/26.6	30	Esters, aromatics
n-butyl benzoate	288.45/360.35	724	0.398411602209945/0.497720994475138	38.32/27.21	10	Esters, aromatics
Diisodecylphthalate	288.15/313.15	908	0.317345814977974/0.344878854625551	30.53/28.71	12	Esters, aromatics
Methyl benzoate	273.15/473.15	693	0.394155844155844/0.682756132756133	41/17.6	36	Esters, aromatics
Ethyl benzoate	273.15/473.15	698	0.391332378223496/0.677865329512894	37.5/17.5	26	Esters, aromatics
Diethyl phthalate	283.15/367.25	776	0.364884020618557/0.47326030927835	38.5/29.49	14	Esters, aromatics
Dimethyl phthalate	293.15/353.15	772	0.379727979274611/0.457448186528497	41.84/35.51	3	Esters, aromatics
n-propyl benzoate	289.15/360.75	710	0.407253521126761/0.508098591549296	35.09/27.31	6	Esters, aromatics
di(2-ethylhexyl) terephthalate	298.15/358.15	812.4	0.366999015263417/0.440854258985721	32.2/27	3	Esters, aromatics
Ethyl phenyl acetate	288.15/358.15	702.1	0.410411622276029/0.510112519584105	35.9/28.6	16	Esters, aromatics
Dibutyl terephthalate	295.15/303.15	787.2	0.374936483739837/0.385099085365854	34/33.02	3	Esters, aromatics

Grafico 17: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli Esteri aromatici.

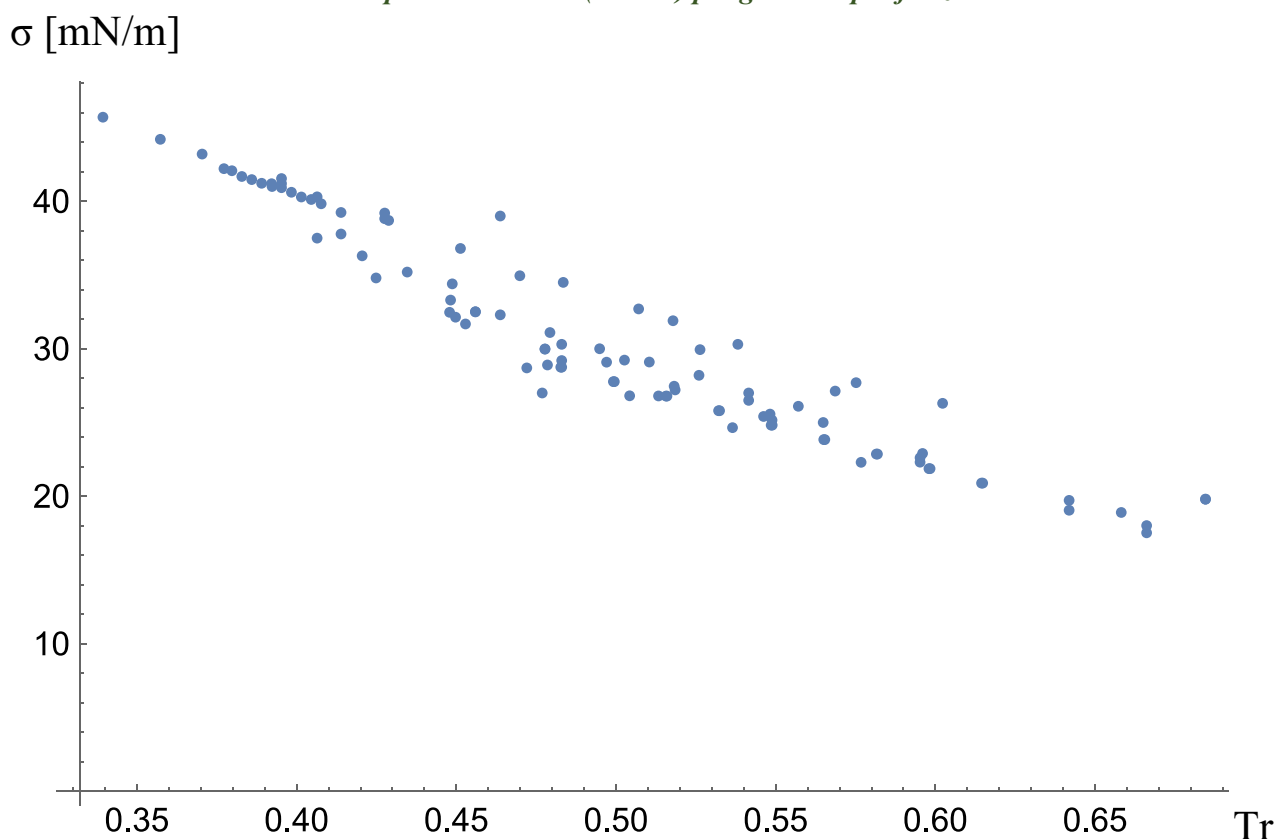


I valori σ vanno da 0.2 a 47.4 mN/m, a temperature che vanno da 251 a 518 K. In questo grafico il fluido che ha un andamento di σ diverso da quello generale è l'etil-esil-tereftalato.

Tabella 18: Esteri polifunzionali

Fluid name	T [K]	Tc[K]	Tred	σ [mN/m]	n°valori di σ	Categoria
Methyl salicylate	253.35/485.35	709	0.357334273624824/0.684555712270804	44.2/19.8	15	Esters, polyfunctional
Methyl lactate	293.15/373.15	607.3	0.482710357319282/0.61444096821999	28.75/20.89	9	Esters, polyfunctional
Ethyl lactate	293.15/373.15	606.95	0.482988714062114/0.614795287914985	30.3/20.89	13	Esters, polyfunctional
Ethyl actoacetate	273.15/428.25	642.9	0.424871675221652/0.666122258516099	34.8/17.52	34	Esters, polyfunctional
Ethyl-3-ethoxypropionate	293.15/358.15	621	0.472061191626409/0.576731078904992	28.7/22.3	5	Esters, polyfunctional
Salicylic acid phenyl ester	273.15/484.75	804.9	0.33935892657473/0.602248726549882	45.7/26.3	24	Esters, polyfunctional

Grafico 18: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli esteri polifunzionali.



I valori σ vanno da 17.5 a 45.7 mN/m, a temperature che vanno da 253 a 485 K. In questa famiglia vi sono due fluidi che possiedono valori di σ , con andamento superiore rispetto a quello generale, sono il “salicilato di metile”, con σ massima pari a 44.2 mN/m, ed “L’acido salicilico”, con σ massima pari a 45.7 mN/m.

Eteri

Gli eteri sono composti organici aventi formula bruta “ $C_nH_{(2n+2)}O$ ”, in cui l'atomo di ossigeno ha legati a sé due gruppi alchilici o arilici.

A temperatura e pressione ambiente tendono ad essere più volatili degli Alcoli loro isomeri perché, a differenza di questi ultimi, non possono formare legami a idrogeno tra loro. La possibilità di formare legami a idrogeno con l'acqua conferisce agli eteri più leggeri una buona miscibilità in essa.

Sono composti in genere poco reattivi: questo li rende utili come solventi per molte reazioni.

L'esempio più comune, nonché "etere" per antonomasia, è l'etere etilico, o dietiltere, avente formula di struttura $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$, usato in passato come anestetico.

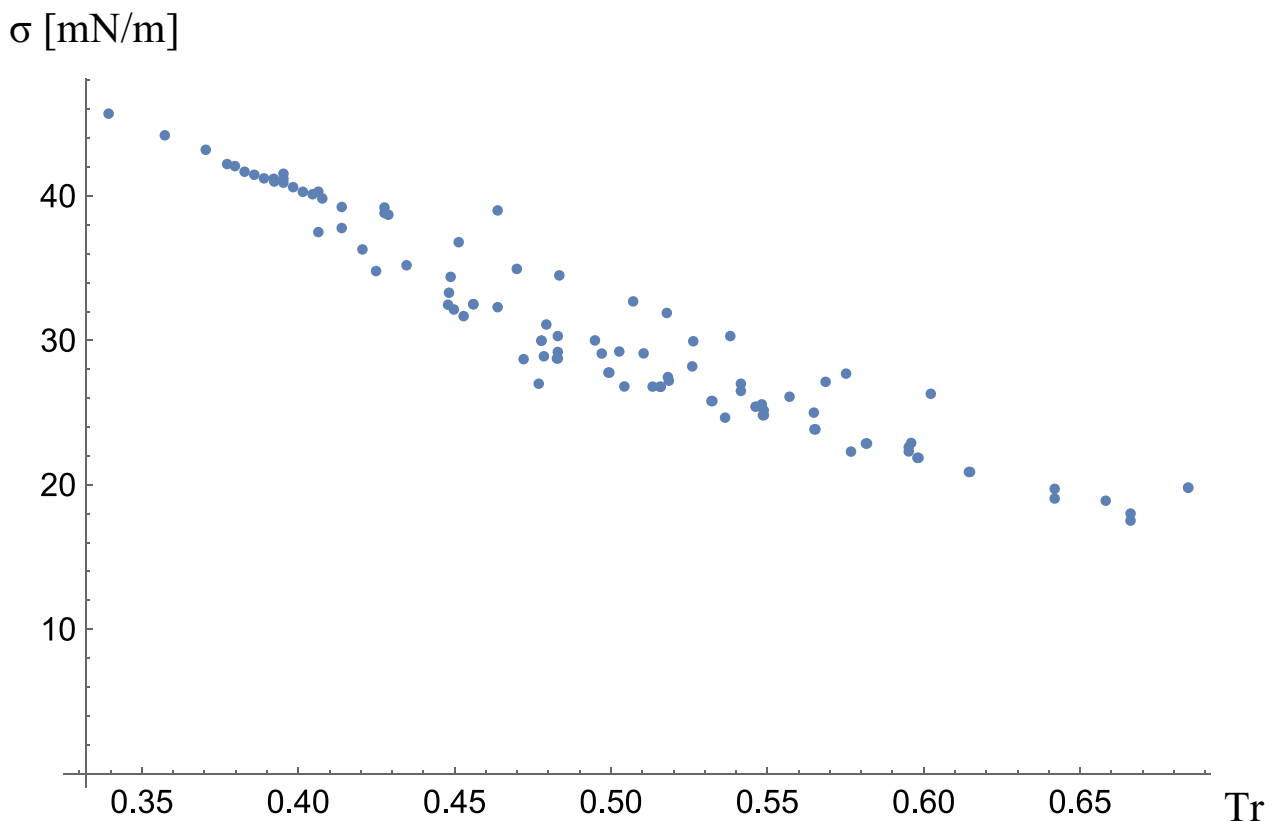
Alcuni eteri sono solventi particolarmente utili perché polari, quindi in grado di sciogliere composti polari e ionici, ma - a differenza di molti altri solventi polari - aprotici, cioè privi di idrogeni facilmente rimovibili come ione H^+ . Gli eteri utili come solventi polari aprotici comprendono eteri ciclici quali il tetraidrofurano e l'1,4-diossano nonché glicoleteri quali dietilenglicol dimetilere (diglima).

Gli eteri ciclici in cui l'ossigeno è uno degli atomi di un anello a tre termini sono chiamati epossidi e hanno caratteristiche e reattività specifiche. [13]

Tabella 19: Eteri Alifatici

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Dimethyl ether	131.7/368.04	400.1	0.329167708072982/0.919870032491877	36.87/2.779	49	Ethers
Diethyl ether	164.91/466.15	466.7	0.353353331904864/0.998821512749089	33.25/0.04	89	Ethers
ISOPROPYL ETHER	248.07/373.17	500.05	0.496090390960904/0.746265373462654	22.697/9.698	35	Ethers
Ethyl propyl ether	273.15/332.15	500.23	0.54604881754393/0.663994562501249	21.69/15.72	6	Ethers
DIPROPYL ETHER	288.15/332.95	530.6	0.543064455333585/0.627497173011685	21.12/16.34	12	Ethers
BUTYL VINYL ETHER	293.15	536	0.546921642	21.99	1	Ethers
DI-n-BUTYL ETHER	263.17/373.17	584.1	0.450556411573361/0.638880328710837	25.789/15.501	38	Ethers
Di-n-pentyl ether	285.15/360.65	622	0.458440514469453/0.579823151125402	25.58/18.67	8	Ethers
DI-n-OCTYL ETHER	293.15/358.75	707	0.414639321074965/0.507425742574257	27.7/22.29	5	Ethers

Grafico 19: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli eteri alifatici.

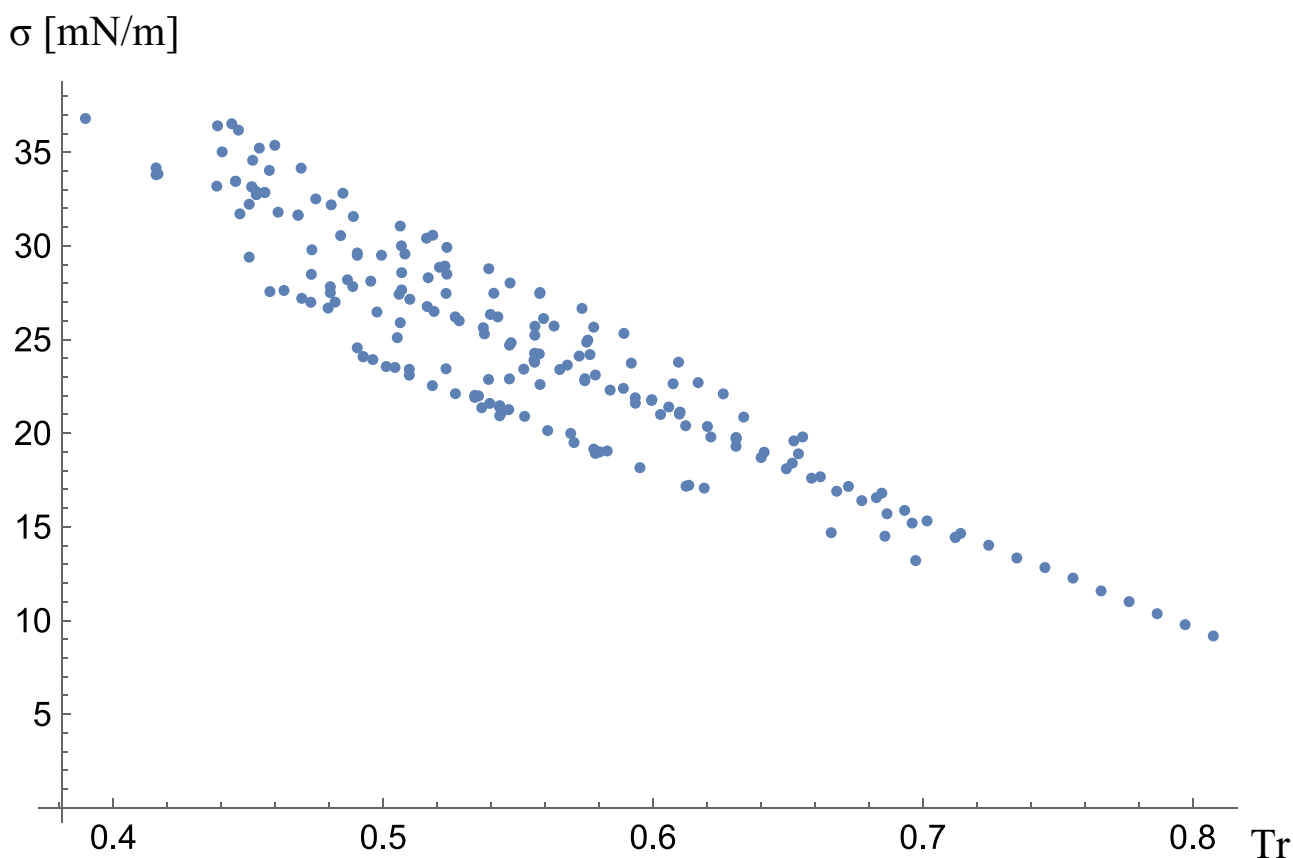


I valori σ vanno da 0.04 a 36.87 mN/m, a temperature che vanno da 131.7 a 466.15 K. In questa famiglia notiamo due fluidi, che con temperatura che si avvicina a quella critica, assumono valori di σ molto bassi, praticamente quasi a 0, quindi l'aumento di energia libera per unità di superficie tende a zero.

Tabella 20: Eteri - Dieteri

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Paraldehyde	293.15/397.15	579	0.506303972366149/0.685924006908463	31.06/14.5	17	Ethers-Diethers
Methylal	238.07/388.15	480.6	0.495359966708281/0.807636287973367	28.116/9.175	37	Ethers-Diethers
Acetal	288.15/376.35	539.7	0.53390772651473/0.697331851028349	21.91/13.2	13	Ethers-Diethers
Triethyl orthoformate	288.15/358.15	585	0.492564102564103/0.612222222222222	24.09/17.17	20	Ethers-Diethers
Triethylene glycol dimethyl ether	293.15/353.15	651	0.450307219662058/0.54247311827957	32.22/26.21	6	Ethers-Diethers
1,2-dimethoxyethane	278.17/373.17	536.15	0.518828686002052/0.696017905436911	26.5/15.2	25	Ethers-Diethers
Diethylene glycol dimethyl ether	298.15/432.91	608	0.490378289473684/0.71202302631579	29.62/14.44	13	Ethers-Diethers
Tetraethylene glycol dimethyl ether	293.15/359.45	705	0.415815602836879/0.509858156028369	34.16/27.15	7	Ethers-Diethers
Diethylene glycol diethyl ether	289.05/361.05	624	0.463221153846154/0.578605769230769	27.62/18.92	7	Ethers-Diethers
Anisole	286.55/421.05	645.6	0.443850681536555/0.652184014869888	36.52/19.59	32	Ethers-Diethers
Phenetole	252.15/443.15	647.15	0.389631461021402/0.684771691261686	36.8/16.8	23	Ethers-Diethers

Grafico 20: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli eteri e dieteri.



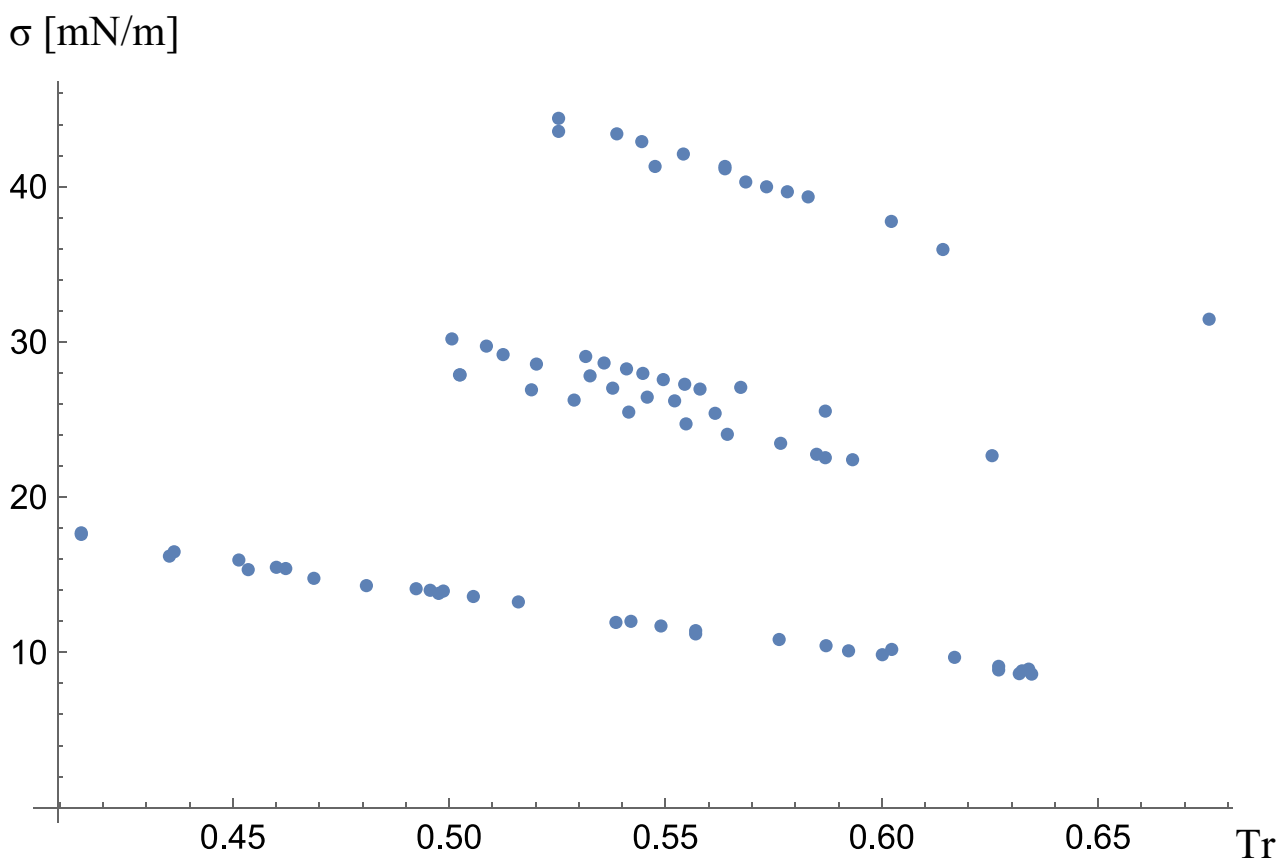
I valori σ vanno da 9 a 36.8 mN/m, a temperature che vanno da 238 a 443 K. L'Anisole ed il Fenetolo hanno un andamento di σ diverso da quello generale.

Acidi Inorganici

Tabella 21: Acidi Organici

Fluid name	T [K]	Tc[K]	Tred	σ [mN/m]	n°valori di σ	Categoria
Sulfuric acid	283.15/554.15	924	0.306439393939394/0.599729437229437	52.92/43.8	12	Inorganics acids
Phosphoric acid	298.15/333.15	1030	0.289466019417476/0.323446601941748	83.8/77.5	3	Inorganics acids
Nitric acid	273.15/351.35	520	0.525288461538462/0.675673076923077	43.56/31.46	15	Inorganics acids
Hydrogen chloride	163.1/192.6	324.65	0.502387186200524/0.593254273833359	27.874/22.409	10	Inorganics acids
Hydrogen fluoride	191.35/292.67	461.15	0.41494090859807/0.634652499186816	17.7/8.6	33	Inorganics acids
Hydrogen bromide	181.8/227.15	363.15	0.500619578686493/0.625499105053008	30.191/22.67	13	Inorganics acids
Hydrogen iodide	225.3/236.5	423.85	0.531555974991152/0.557980417600566	29.06/26.96	7	Inorganics acids
Perchloric acid	273.15/298.15	631	0.432884310618067/0.472503961965135	33.9/31.26	3	Inorganics acids

Grafico 21: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli Acidi Inorganici.



I valori σ vanno da 8.6 a 83.8 mN/m circa, a temperature che vanno da 163 a 554 K. Gli acidi inorganici comprendono fluidi differenti, costituiti da: Zolfo (Acido Solforico), che ha σ compresa tra 43.8 e 52.9 mN/m, Fosforo (Acido Fosforico), con σ compresa tra 77.5 e 83.8 mN/m, valori che non compaiono nel grafico, perché troppo elevati rispetto a quelli degli altri fluidi, Azoto (Acido nitrico) con σ compresa tra 31.4 e 43.6 mN/m. Perciò essendo costituiti da elementi diversi tra loro (S, P, N), di conseguenza anche i valori di σ saranno differenti. Infatti come si vedrà in seguito, il

valore dello scarto “ $d\sigma$ ” calcolato con le 5 equazioni è piuttosto elevato, rispetto allo scarto delle altre famiglie di elementi.

Chetoni

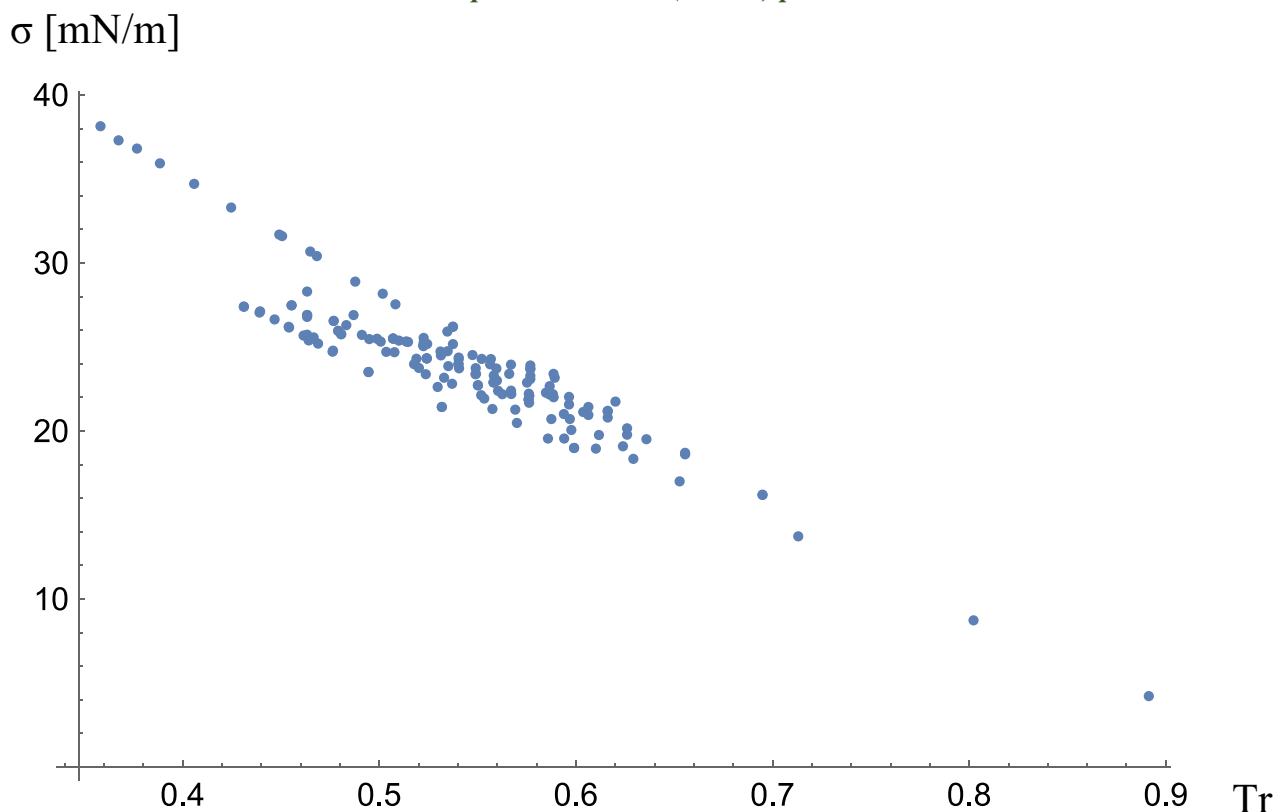
I chetoni, o acetoni, sono dei composti organici di formula generale R-CO-R', caratterizzati dalla presenza di un gruppo carbonile C=O il cui carbonio, con ibridazione sp^2 , è direttamente legato a due gruppi R idrocarburici che possono essere sia alifatici sia aromatici. Si differenziano strutturalmente dalle aldeidi (di formula R-CHO) per la presenza di un gruppo R' al posto dell'idrogeno H direttamente legato al carbonile. Nel caso in cui il carbonile sia compreso in una struttura ciclica, ovvero che i due gruppi R e R' siano legati covalentemente, come nel caso del cicloesanoone, si parla di chetoni ciclici o ciclochetoni. Il chetone strutturalmente più semplice è l'acetone, di formula CH₃-CO-CH₃, in cui il gruppo carbonilico è legato a due gruppi metilici.

Le caratteristiche dei chetoni possono variare anche sensibilmente a seconda della dimensione, della struttura e della natura chimica dei gruppi R e R'. Tendenzialmente si presentano come sostanze incolori, volatili e dall'odore caratteristico. I chetoni che contano meno di 12 atomi di carbonio nella propria struttura appaiono come liquidi oleosi, la cui solubilità in acqua diminuisce con l'aumentare delle dimensioni molecolari, mentre per gruppi R più voluminosi si avranno dei solidi cristallini. [14]

Tabella 22: Chetoni

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Acetone	182.06/353.15	508.2	0.358244785517513/0.694903581267218	38.14/16.2	42	Ketones
2-butanone	293.15/323.3	535.5	0.547432306255836/0.603734827264239	24.52/21.13	11	Ketones
2-pentanone	286.15/366.25	561.08	0.50999857417837/0.652758964853497	25.38/17	24	Ketones
3-pentanone	273.15/500	560.95	0.48694179516891/0.891345039664854	26.9/4.22	23	Ketones
2-hexanone	297.95/358.55	587.61	0.5070539984003/0.610183625193581	25.5/18.95	12	Ketones
3-heptanone	289.25/360.35	606.6	0.47683811407847/0.594048796571052	26.55/19.55	10	Ketones
4-heptanone	289.35/360.65	602	0.480647840531562/0.599086378737541	25.76/18.99	11	Ketones
2-octanone	288.15/360.65	632.7	0.45542911332385/0.570017385806859	27.48/20.48	12	Ketones
6-UNDECANONE	292.55/360.85	678.5	0.431171702284451/0.531834929992631	27.4/21.43	17	Ketones

Grafico 22: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per i chetoni.



I valori σ vanno da 4.2 a 38.14 mN/m, a temperature che vanno da 182 a 500 K. Tra i chetoni vi è l'Acetone che presenta σ compresa tra 16.2 e 38.1 mN/m; tali valori sono stati presi a temperature più basse rispetto a quelle degli altri fluidi, invece il "pentanone 3" presenta σ più basse, presi a temperature più elevate rispetto agli altri fluidi.

Nitrili

I nitrili sono composti organici caratterizzati dal gruppo funzionale $-C\equiv N$. Nella letteratura industriale al termine nitrile si preferisce il prefisso ciano-. I nitrili sono costituenti di materiali di uso comune come le colle cianoacriliche e la gomma nitrilica usata in guanti da laboratorio e in sigillanti per uso automobilistico.

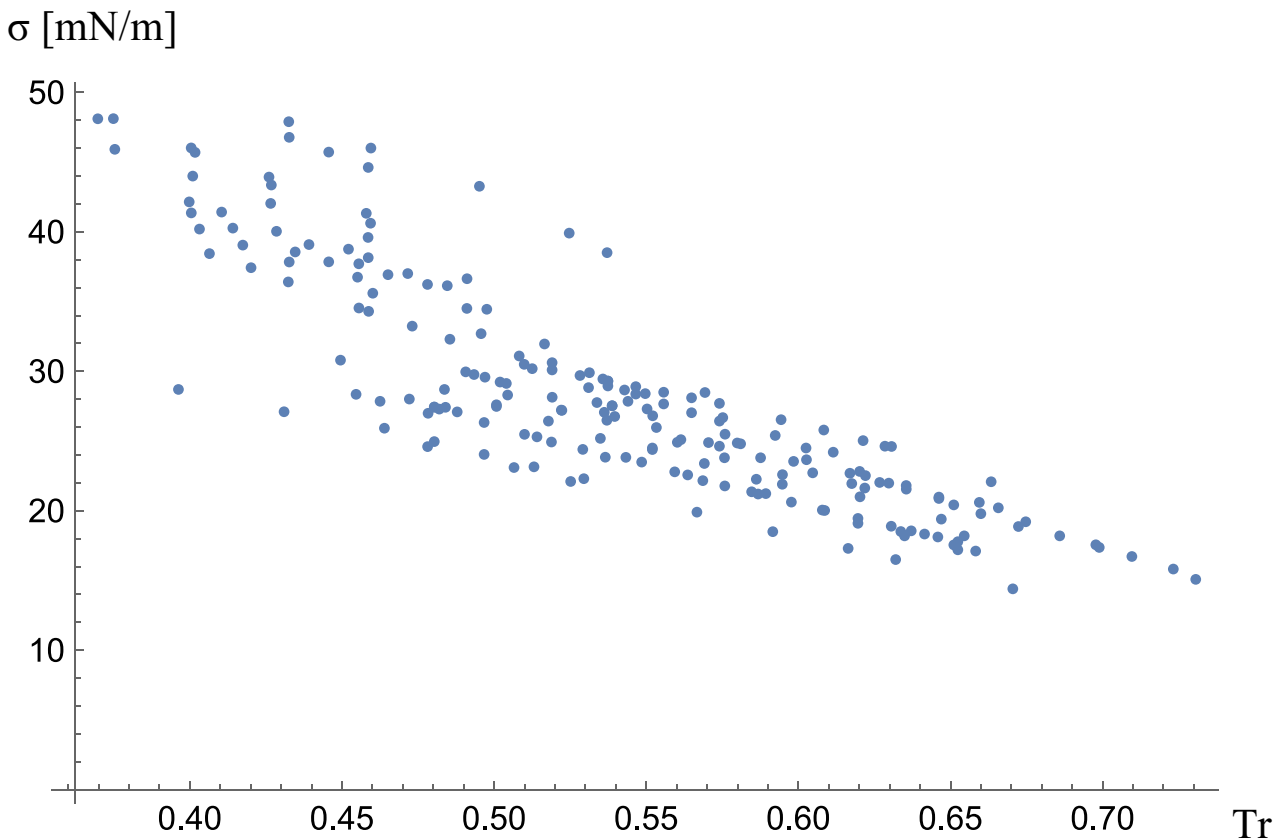
I composti inorganici contenenti il gruppo $-C\equiv N$ sono chiamati, invece, cianuri. Sia i nitrili che i cianuri si possono considerare derivati di cianuri salini tipo NaCN e KCN, ma in genere i nitrili sono meno tossici.

Il gruppo funzionale $-C\equiv N$ non va confuso col gruppo $-N\equiv C$, caratteristico degli isocianuri. [15]

Tabella 23: Nitrili

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Cyanogen chloride	266.85/297.85	449	0.594320712694878/0.663363028953229	26.53/22.08	5	nitriles
Hydrogen Cianide	259.85/298.15	457	0.568599562363239/0.652407002188184	22.16/17.2	14	nitriles
Acetonitrile	278.15/363.15	545.5	0.509899175068744/0.665719523373052	30.5/20.21	21	nitriles
Propionitrile	289.95/363.15	561.3	0.516568679850347/0.646980224478888	31.96/19.4	12	nitriles
Acrylonitrile	288.25/343.15	540	0.533796296296296/0.635462962962963	27.76/21.55	12	nitriles
Methacrylonitrile	293.15	554	0.529151625	24.4	1	nitriles
Succinonitrile	333.15/391.35	770	0.432662337662338/0.508246753246753	46.78/31.1	16	nitriles
Adiponitrile	293.15/358.15	781	0.375352112676056/0.458578745198463	45.92/39.6	4	nitriles
Glutaronitrile	293.15/359.25	782	0.374872122762148/0.459398976982097	48.12/40.62	8	nitriles
Butyronitrile	263.15/385.35	585.4	0.449521694567817/0.658267851042023	30.8/17.11	22	nitriles
Valeronitrile	288.15/359.65	610.3	0.472144846796657/0.589300344093069	28.01/21.23	13	nitriles
Malononitrile	309.25/384.05	715	0.432517482517483/0.537132867132867	47.9/38.51	5	nitriles
Hexanenitrile	251.15/424.95	633.8	0.396260650047334/0.670479646576207	28.7/14.4	13	nitriles
Isobutyronitrile	288.15/303.15	565	0.51/0.536548672566372	25.48/23.84	3	nitriles
Benzonitrile	283.15/457.25	702.3	0.403175281218852/0.651075039157055	40.2/20.42	19	nitriles
Cyanogen	248.15/292.35	400.15	0.620142446582532/0.730601024615769	22.82/15.08	15	nitriles
Vinylacetonitrile	286.55/363.15	584	0.490667808219178/0.621832191780822	29.96/21.63	15	nitriles
Phenylacetonitrile	292.65/359.45	732	0.399795081967213/0.491051912568306	42.15/34.51	9	nitriles

Grafico 23: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per i Nitrili.



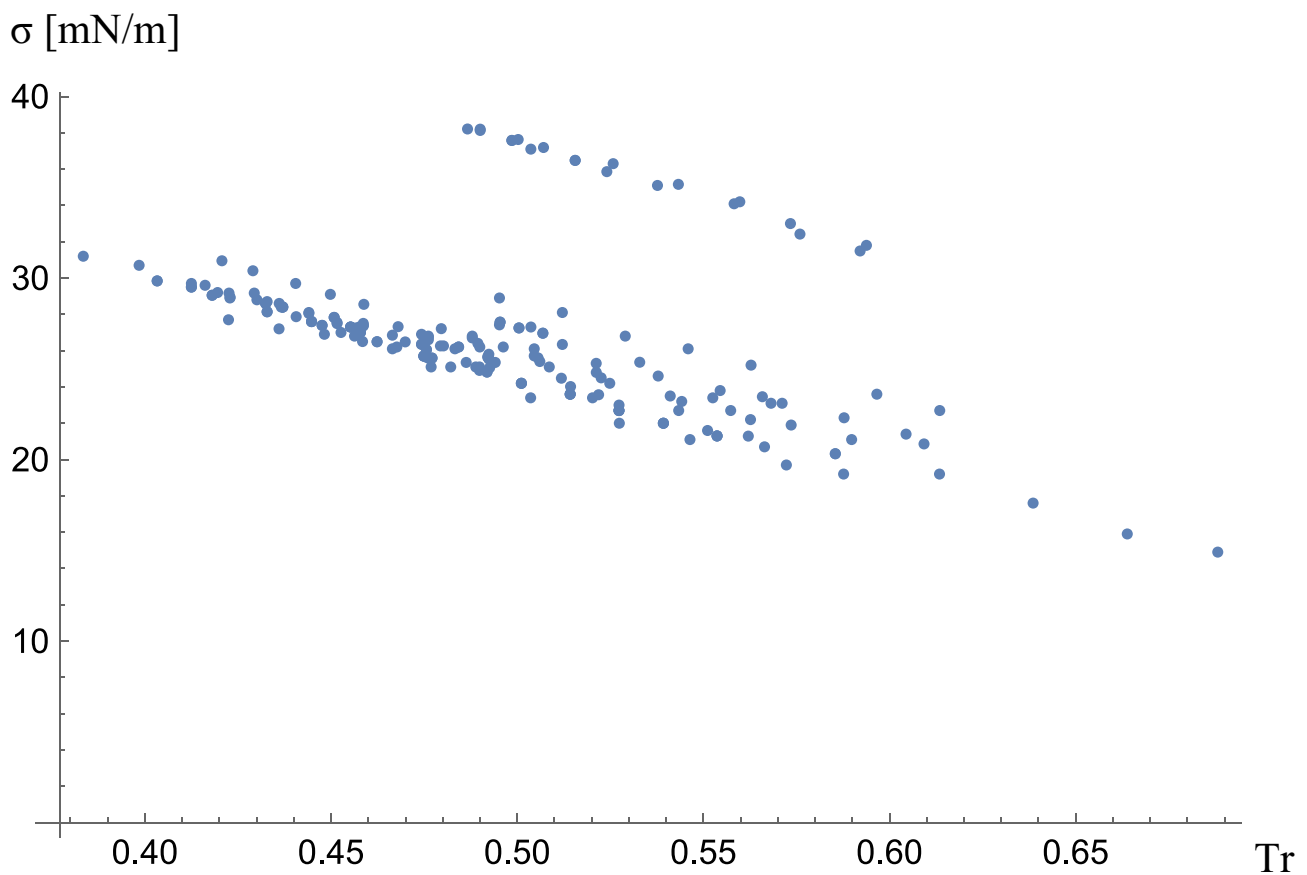
I valori σ vanno da 14.4 a 48.1 mN/m, a temperature che vanno da 248 a 457 K. Ci sono in questo grafico alcuni fluidi che presentano valori di σ con andamento di σ diverso da quello generale, come il “Glutaronitrile”, che ha σ compresa tra 40 e 48 mN/m.

Acidi organici

Tabella 24: Acidi Organici

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
METHANOIC ACID	286,15/348,15	588.00	0,486649659863946/0,592091836734694	38,21/31,49	20	Acids, organic
ETHANOIC ACID	293,15/360,65	591.95	0,495227637469381/0,609257538643466	28,90/20,86	19	Acids, organic
PROPANOIC ACID	252,75/413,45	600.81	0,420682079193089/0,688154324994591	30,95/14,9	26	Acids, organic
BUTANOIC ACID	288,15/360,45	615.7	0,468003898002274/0,585431216501543	27,32/20,32	22	Acids, organic
PENTANOIC ACID	288,15/359,25	639.16	0,450826084235559/0,562065836410289	27,83/21,29	20	Acids, organic
HEXANOIC ACID	253,15/373,95	660.2	0,383444410784611/0,566419266888821	31,2/20,7	15	Acids, organic
HEPTANOIC ACID	273,15/348,35	677.3	0,403292484866381/0,514321570943452	29,84/24,02	17	Acids, organic
NONANOIC ACID	293,15/348,15	710.7	0,412480652877445/0,489869143098354	29,7/24,91	10	Acids, organic
DECANOIC ACID	305,15/424,35	722.1	0,422586899321424/0,587660988782717	29,17/19,2	13	Acids, organic
UNDECANOIC ACID	348.15	557.15	0.85309	26.05	2	Acids, organic
TETRADECANOIC ACID	328,15/422,45	763	0,430078636959371/0,553669724770642	28,8/21,3	38	Acids, organic

Grafico 24: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per gli acidi organici.



I valori σ vanno da 14.9 a 38.2 mN/m, a temperature che vanno da 252,7 a 424 K. Si nota che i punti corrispondenti a valori di σ più elevati, compresi tra 31 e 38 mN/m, sono quelli relativi all'acido metanoico.

Polioli

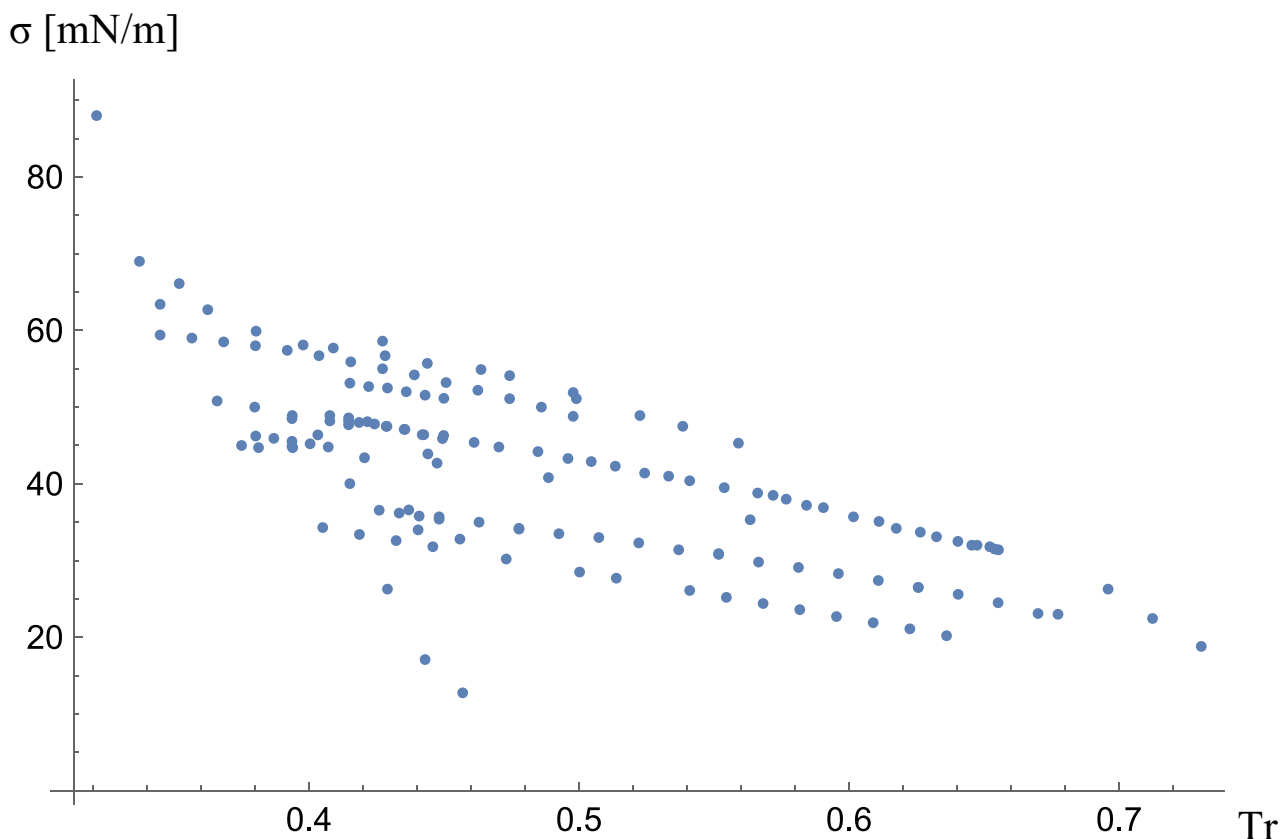
Con Polioli o Polialcoli (o ancora Glicoli) ci si riferisce a composti chimici che contengono più gruppi ossidrilici. I polioli rivestono una grande importanza nelle scienze dell'alimentazione e nella chimica dei polimeri.

I polioli sono carboidrati idrogenati usati come dolcificanti in sostituzione allo zucchero. [16]

Tabella 25: Polioli

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Ethylene glicol	263.15/471.15	719	0.365994436717663/0.65528511821975	50.8/31.4	49	Polyols
Diethylene glicol	293.15/518.15	744.6	0.393701316142895/0.695876980929358	48.5/26.28	10	Polyols
Triethylene glicol	303.15/548.15	769.5	0.393957115009747/0.712345679012346	44.71/22.45	2	Polyols
Tetraethylene glicol	298.15/580.65	795	0.37503144654088/0.730377358490566	45/18.81	3	Polyols
Tetrapropylene glicol	298.15/468.15	736	0.405095108695652/0.636073369565217	34.3/20.2	15	Polyols
1,2-propylene glycol	288.15/458.15	676.4	0.4260053222945/0.677335895919574	36.56/23	25	Polyols
1,3-propylene glycol	298.15/328.15	718.2	0.415135059871902/0.456906154274575	53.125/12.759	10	Polyols
Dipropylene glycol	298.15	654	0.45588685	32.8	1	Polyols
Tripropylene glycol	298.15	677	0.440398818	34	1	Polyols
Glycerol	273.15/475.15	850	0.321352941176471/0.559	88/45.3	32	Polyols

Grafico 25: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per i Polioli.



I valori σ vanno da 12.8 a 88 mN/m, a temperature che vanno da 263 a 580.7 K. Da notare nel grafico il valore di tensione superficiale pari a 88 mN/m alla temperatura di 273 K, è relativo al "Glicerolo";

questa misura è stata riportata da “Jaeger” (1917) e potrebbe essere erronea perché gli altri valori dello stesso fluido, della stessa fonte sono compresi tra 49 e 69 mN/m e quest’ultimo valore è alla temperatura di 286 K, perciò il Glicerolo ha un andamento con un brusco calo della σ dopo il primo valore.

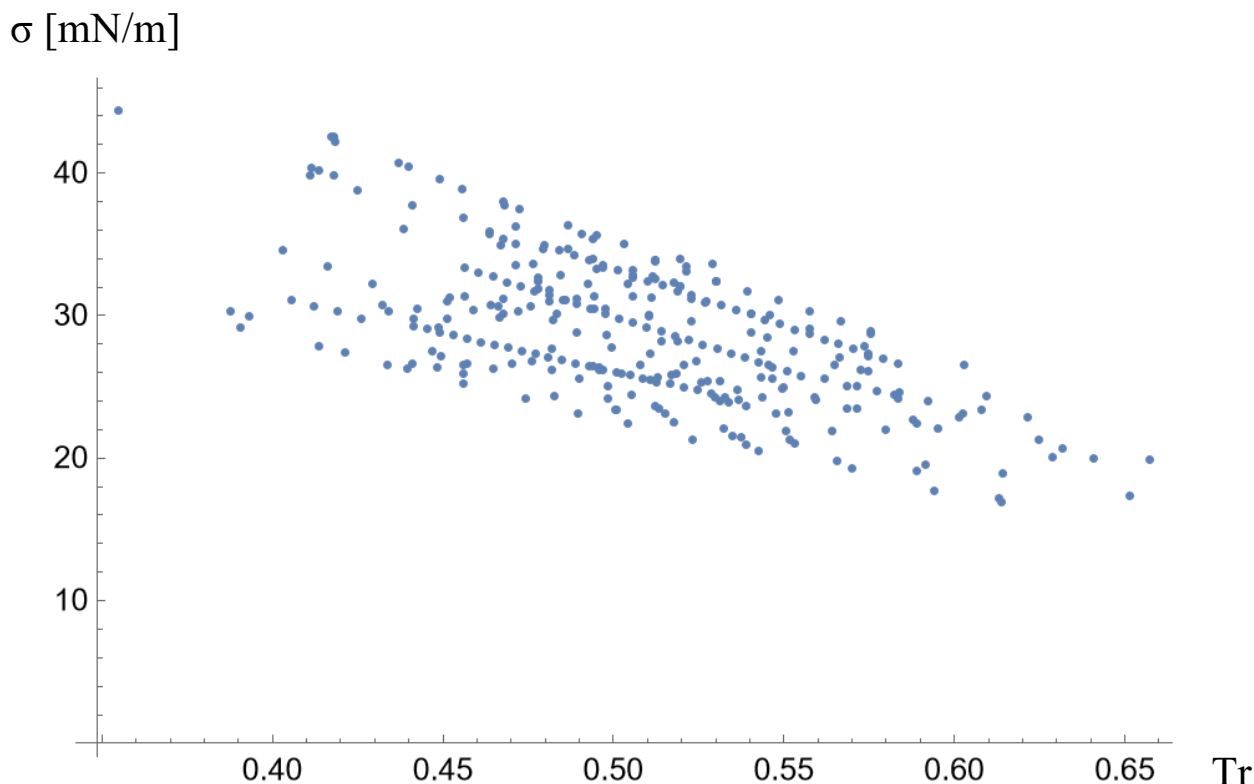
Solfuri

In chimica prendono il nome di solfuri i derivati dell'acido solfidrico (H₂S) di formula MnS dove M può essere un metallo o un alchile. Stabili in soluzione, possono aggiungere zolfo producendo polisolfuri. Industrialmente venivano spesso usati come insetticidi o nell'industria della gomma. [17]

Tabella 26: Solfuri

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
Ethyl methyl sulfide	279.65/314.05	533	0.524671669793621/0.58921200750469	26.74/22.39	6	Sulfides
Methyl-n-propyl sulfide	293.15/303.15	565	0.518849557522124/0.536548672566372	25.9/24.7	3	Sulfides
Methyl-t-butyl sulfide	292.15/335.95	570	0.512543859649123/0.589385964912281	23.59/19.05	3	Sulfides
Di-n-propyl sulfide	289.55/359.85	608	0.476233552631579/0.591858552631579	26.72/19.49	6	Sulfides
Diethyl sulfide	289.15/363.15	557.15	0.518980525890694/0.65179933590595	28.1/17.3	18	Sulfides
Dimethyl sulfide	284.25/330.85	503.04	0.565064408396946/0.657701176844784	26.5/19.87	9	Sulfides
Thiophene	273.15/360.15	579.35	0.471476654871839/0.621644946923276	36.2/22.8	42	Sulfides
Benzothiophene	308.15/338.15	764	0.403337696335078/0.442604712041885	34.49/30.41	4	Sulfides
Diethyl disulfide	293.15/359.35	642	0.456619937694704/0.559735202492212	31.3/24.05	7	Sulfides
Dimethyl disulfide	287.25/335.45	615	0.467073170731707/0.545447154471545	34.87/28.4	6	Sulfides
Di-n-propyl disulfide	291.95/360.45	675	0.432518518518519/0.534	30.68/23.87	6	Sulfides
Di-n-octyl disulfide	294.85/360.55	760	0.387960526315789/0.474407894736842	30.28/24.15	6	Sulfides
Tetrahydrothiophene	293.15/358.15	631.95	0.463881636205396/0.56673787483187	35.8/26.98	7	Sulfides
Carbon disulfide	196.15/333.15	552.49	0.355029050299553/0.602997339318359	44.3/26.45	40	Sulfides
Methyl-n-butyl sulfide	293.15/364.45	593	0.494350758853288/0.614586846543002	26.4/18.84	7	Sulfides
Ethyl-t-butyl sulfide	293.15/360.65	588	0.498554421768707/0.613350340136054	24.08/17.08	7	Sulfides
Trimethylene sulfide	293.15	602	0.490378289	36.3/34.6	4	Sulfides
2-Methyl thiophene	278.15/358.15	609	0.456732348111658/0.588095238095238	33.29/22.67	32	Sulfides
3-Methyl thiophene	293.15/358.15	613	0.478221859706362/0.584257748776509	32.62/24.51	10	Sulfides
DI-tert-butyl disulfide	290.65/361.05	689.7	0.421415108017979/0.523488473249239	27.33/21.22	4	Sulfides
2-methylthiacyclopentane	293.15/313.15	628.4	0.466502227880331/0.49832908975175	30.63/28.61	3	Sulfides
2-Ethylthiophene	293.15/358.15	626.6	0.467842323651452/0.571576763485477	31.1/23.45	7	Sulfides
2-Propylthiophene	293.15/358.15	649.2	0.451555760936537/0.55167898952557	30.9/23.12	7	Sulfides
2,5-Dimethyl thiophene	278.15/338.15	629.9	0.441578028258454/0.536831243054453	29.2/24.03	25	Sulfides
Methyl phenyl sulfide	293.55/359.55	712.8	0.411826599326599/0.504419191919192	40.31/32.14	8	Sulfides
DI-n-butyl sulfide	291.45/360.95	652	0.447009202453988/0.553604294478528	27.4/20.94	7	Sulfides
Diisopentylsulfide	293.15/394.95	664.4	0.441225165562914/0.59444611679711	26.6/17.64	7	Sulfides
Diisopropylsulfide	282.65/359.35	585.2	0.482997265892003/0.614063568010936	24.31/16.83	7	Sulfides
DI-n-butyl disulfide	288.65/359.45	711	0.405977496483826/0.505555555555556	31.01/24.42	6	Sulfides

Grafico 26: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per i solfuri.



I valori σ vanno da 17 a 44 mN/m, a temperature che vanno da 273 a 395 K, fa eccezione il Disolfuro di Carbonio, il quale presenta valori al di sotto dello zero, a partire da 196 K.

Terpeni

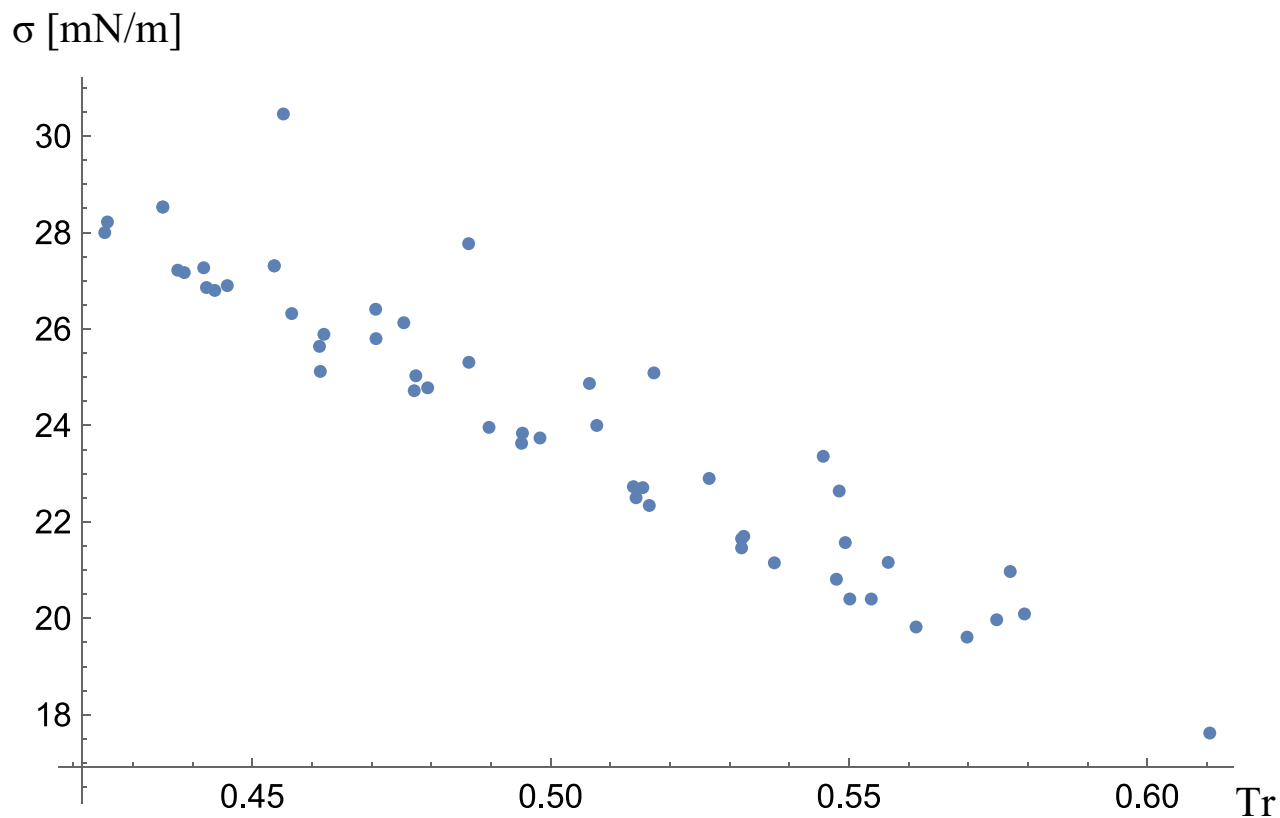
I Terpeni vengono prodotti da molte piante, soprattutto conifere e da alcuni insetti, sono i componenti principali delle resine e degli oli essenziali delle piante, miscele di sostanze che conferiscono a ogni fiore o pianta un caratteristico odore o aroma. Rappresentano anche i precursori biosintetici degli steroidi e dei carotenoidi. Molti aromi usati nei cibi o nei profumi sono derivati da terpeni o terpenoidi naturali.

Sono terpeni il geraniolo, il mentolo, il mircene, la canfora, il limonene, l'isoprenolo, il fitoene e lo squalene. [18]

Tabella 27: Terpeni

Fluid name	T [K] Range	Tc[K]	Tred Range	σ [mN/m] Range	n°valori di σ	Categoria
d-limonene	284.05/363.45	653	0.434992343032159/0.556584992343032	28.53/21.16	10	Terpenes
Terpinolene	283.95/369.35	667	0.425712143928036/0.553748125937031	28.22/20.4	16	Terpenes
Camphene	323.15/368.15	638	0.506504702194357/0.577037617554859	24.87/20.97	3	Terpenes
alpha-pinene	293.15/393.15	644	0.455201863354037/0.610481366459627	30.46/17.62	25	Terpenes

Grafico 27: In questa figura è riportato l'andamento della tensione superficiale (ordinate) in funzione della temperatura ridotta (ascisse) per i Terpeni.



Da notare che il fluido “alfa pinene” presenta dei valori di σ che superano i 30 mN/m, e quindi un differente andamento rispetto agli altri fluidi. σ è quindi compresa tra 17.62 e 30.46 mN/m, e la temperatura tra 284 e 393 K.

ANALISI DATABASE

Software utilizzato

Per il calcolo della equazione relativa alla tensione superficiale di liquidi, si è fatto uso principalmente del software “Mathematica”, grazie al quale è stato possibile effettuare una regressione non lineare dei parametri, che ha poi portato all’equazione vera e propria.

Mathematica

Ambiente di calcolo simbolico e numerico multiplatforma, ideato da Stephen Wolfram e successivamente sviluppato da un team di matematici e programmatori.

Il linguaggio di programmazione è basato sulla riscrittura di espressioni (term-rewriting) e supporta svariati paradigmi di programmazione, tra cui la programmazione funzionale, la programmazione logica, la programmazione basata sul riconoscimento di schemi (pattern-matching) e sulle regole di sostituzione (rule-based), nonché la più tradizionale programmazione procedurale.

Quest’ultimo è in generale sconsigliato, in quanto molto meno efficiente delle alternative funzionali basate su regole di sostituzione (rule-based).

Il programma è realizzato principalmente in C e C++.

In “Mathematica”, il linguaggio di base viene interpretato da un kernel che esegue l’elaborazione vera e propria; i risultati vengono quindi comunicati ad uno specifico front-end tra quelli disponibili.

La comunicazione tra il kernel e questi ultimi (o qualsiasi altro client, ad esempio programmi scritti dall’utente) utilizza il protocollo MathLink, spesso attraverso una rete.

È possibile che vari processi front-end si connettano allo stesso kernel, e che uno stesso front-end sia connesso a kernel differenti.

Di norma, il front-end è rappresentato da un documento di testo interattivo, il notebook (blocco per gli appunti), che è in grado di visualizzare ed interpretare la notazione matematica bidimensionale in formato WYSIWYG, incorporando i risultati dell’elaborazione sotto forma di testo, formule, grafici e suoni.

Per l’analisi dei dati, si è fatto uso dell’algoritmo di regressione non lineare dei minimi quadrati.

Regressione non lineare: metodo non lineare dei minimi quadrati

In statistica, la regressione non lineare è una forma di analisi in cui: i dati sperimentali (variabili dipendenti), sono modellati da una funzione che è una combinazione non lineare di parametri inizialmente incogniti; e dipende da una o più variabili indipendenti.

Il metodo non lineare dei minimi quadrati è uno dei modi per regredire una funzione non lineare.

Esso si basa sull’approssimazione di un modello non lineare in uno lineare determinando i valori dei coefficienti tramite iterazioni successive.

Il processo iterativo termina quando i numeri ottenuti sono quelli che minimizzano la somma degli scarti (differenza tra la tensione superficiale misurata sperimentalmente e quella calcolata).

Nel caso oggetto di tesi si è proceduto come segue:

1. **Importazione del database,**
2. **Inizializzazione delle variabili,**
3. **Calcolo dei residui.**

L'importazione del database consiste semplicemente nell'inserimento di un comando di importazione dati, prestando attenzione alla presenza di caselle vuote nel foglio di calcolo Excel ed all'effettiva rispondenza con il database desiderato.

L'inizializzazione delle variabili consiste nell'impostare le variabili, facendo corrispondere ogni colonna del database con la rispettiva proprietà.

Infine, il calcolo dei residui consiste nel calcolare gli scarti tramite: la "regressione non lineare dei minimi quadrati", perciò si è scritta un'equazione ed impostato il "Non-linear Model Fit" in cui sono stati inseriti: variabili dipendenti, parametri, variabile indipendente e numero di iterazioni.

RISULTATI OTTENUTI

Formula a coefficienti variabili

Dopo avere eseguito le analisi in "Mathematica", sono state fatte numerose prove prima di giungere ad una equazione definitiva, ma ne sono state utilizzate anche altre che verranno descritte successivamente.

La formula a coefficienti variabili, che vale per tutte le famiglie, e che dà come risultato la tensione superficiale media, è la seguente:

$$\sigma = \frac{a * k * tc}{gr^2} * (1 - tr)^b * (1 + fi^c)^d$$

dove:

- **Tc** è la Temperatura Critica espressa in Kelvin [**K**];
- **Gr** è il Raggio di Girazione espresso in metri [**m**];
- **Tr** è la Temperatura Ridotta, cioè il rapporto $\frac{T}{T_c}$ ed è adimensionale;
- ϕ

$$\phi = (6.02214076 * 10^{23}) * \rho_c * Gr^3$$

- dove "pc" è la densità critica espressa in $\left[\frac{mol}{m^3}\right]$,
 - "Gr" è il Raggio di Girazione, espresso in [m].
- **k** = $1.3806488 * 10^{-23}$, che è una costante con dimensioni in $\left[\frac{J}{K}\right]$, come quella di Boltzmann.

Si è ritenuta questa formulazione molto semplice, facilmente applicabile, con poche grandezze in gioco (temperatura critica, raggio di girazione, temperatura ridotta e densità) è sufficientemente precisa per la maggior parte delle famiglie.

Essa è composta da due valori:

- $\frac{a * k * tc}{gr^2}$, il cui valore si misura in $\left[\frac{mN}{m}\right]$ proprio come la tensione superficiale,
- $(1 - tr)^b * (1 + fi^c)^d$, che è un valore adimensionale.

La scrittura del codice nel software "Mathematica", prevede il calcolo della σ media, con l'equazione a coefficienti variabili, la σ massima e lo scarto medio quadratico. Nell'equazione sono presenti: i coefficienti o parametri, elaborati con la regressione e le variabili dipendenti (tc, gr^2 , tr, ϕ).

Nel codice vi è un modello, chiamato "Nonlinear Model Fit" che comprende:

- La stringa di valori che rappresenta il numero delle colonne corrispondenti alle rispettive grandezze indicate nella stringa {tc, gr, tr, fi}; con un numero che fa riferimento alla posizione che queste proprietà occupano all'interno del database.
Esse sono le variabili dipendenti, ad eccezione della tensione superficiale, che è quella indipendente;
- "a, b, c, d, e, f", cioè i coefficienti regrediti da "mathematica", per ogni famiglia;
- Il numero di iterazioni eseguite per completare la regressione, pari a 1000;

Infine vi è il calcolo dello scarto quadratico medio "rmse" e della " σ max".

Tali valori sono stati riportati su tabelle che ha come righe le varie famiglie di elementi.

Tabella 28: Valori dei coefficienti dell'equazione a, b, c, d, e, f, per famiglia.

FAMIGLIA	a	b	c	d	e	f
Alcoli	5.33	1.02	0.049	44.21	0.1	0.1
Aldeidi	4.1	3.2	466.61	-11.9	0.1	0.1
Alcani	0.021	1.24	0.29	9.81	0.1	0.1
Alcheni	0.0027	1.15	0.19	12.12	0.1	0.1
Amidi	0.089	0.18	0.66	10.04	0.1	0.1
Anidridi	$2.81 * 10^{-9}$	0.78	0.062	31.35	0.1	0.1
Aromatici	$2.44 * 10^{-8}$	1.21	0.06	28.2	0.1	0.1
Composti del Bromo	2.08	3.21	355.27	-1.3	0.1	0.1
Cloruri	1.21	1.34	6.43	82.9	0.1	0.1
Ciclo alcani	1.71	2.14	204.51	-45.99	0.1	0.1
Ciclo alcheni	0.176	1.26	-1.22	0.48	0.1	0.1
Epossidici	$1.19249 * 10^{-9}$	1.14	0.054	32.64	0.1	0.1
Esteri alifatici	$9.2 * 10^{-6}$	1.21	0.1	20.3	0.1	0.1
Esteri aromatici	$9.31 * 10^{-15}$	1.38	0.034	49.86	0.1	0.1
Esteri polifunzionali	3	2.26	558.6	-320.82	0.1	0.1
Eteri alifatici	0.63	1.04	469.55	-4.3	0.1	0.1
Eteri, Dieteri	2	1.91	331.91	-7.09	0.1	0.1
Composti del Fluoro	1.42	1.17	0.063	29.2	0.1	0.1
Composti di Iodio	$1.3 * 10^{-19}$	1.69	0.02	65.7	0.1	0.1
Acidi inorganici	$1.4 * 10^{-3}$	0.7	0.436	25.14	0.1	0.1
Chetoni	0.95	1.26	282	-0.36	0.1	0.1
Nitrili	6.4	4.49	527.44	-2.82	0.1	0.1
Composti di NO2	5.2	4.01	304	-163.02	0.1	0.1
Acidi organici	0.1	1.16	0.52	8.18	0.1	0.1
Polioli	$1.2 * 10^{-3}$	0.96	0.2	13.74	0.1	0.1
Solfuri	0.015	1.1	0.25	9.53	0.1	0.1
Terpeni	$2.22 * 10^{-9}$	1.18	0.045	31.17	0.1	0.1

In questa tabella sono riportati i coefficienti regrediti dal software "Mathematica", per ogni famiglia di fluidi; questi sono stati utilizzati poi nell'equazione denominata "Formula a coefficienti variabili".

Tabella 29: Valori di tensione superficiale media, tensione superficiale massima e scarto quadratico medio, ottenuti con la “Formula a coefficienti variabili”.

FAMIGLIA	σ med	σ max	rmse
Alcoli	7.50969	418.956	0.00108599
Aldeidi	22.0061	59.5083	0.00606133
Alcani	2.5483	73.0407	0.00037945
Alcheni	2.54477	9.98666	0.000724038
Amidi	13.2356	88.9416	0.0194964
Anidridi	2.52715	11.7754	0.00116262
Aromatici	2.09577	35.1506	0.000588774
Composti del Bromo	4.5176	42.4685	0.00188998
Cloruri	5.61475	24.6371	0.00176793
Ciclo alcani	4.91247	12.3061	0.00152399
Ciclo alcheni	0.594338	2.90408	0.000205818
Epossidi	3.34309	24.7117	0.0010804
Esteri alifatici	6.09642	32.958	0.0019691
Esteri aromatici	5.48827	39.2694	0.00153582
Esteri polifunzionali	18.8619	56.2226	0.00651821
Eteri alifatici	35.2299	98.8659	0.00767348
Eteri, Dieteri	19.9615	53.3425	0.00609522
Composti del Fluoro	6.83477	86.1114	0.000622661
Composti dello Iodio	6.49831	74.5744	0.00344561
Acidi inorganici	33.6411	82.4804	0.00686835
Chetoni	26.408	51.5808	0.0074805
Nitrili	35.7524	100.266	0.01062
Composti di NO ₂	41.1826	83.8553	0.0154847
Acidi organici	2.92496	12.6091	0.00107563
Polioli	7.96706	241.472	0.00486977
Solfuri	3.94581	18.524	0.00158243
Terpeni	3.28061	13.3315	0.00107746

Tali valori saranno poi confrontati con quelli calcolati con l'altra equazione a coefficienti variabili.

Inoltre saranno confrontati i valori ottenuti con le equazioni a coefficienti fissi, con eventuali commenti. Ciò è riportato nel paragrafo “Conclusioni”.

ANALISI DEI RISULTATI

Principali equazioni esistenti e confronto

Per vedere se effettivamente i risultati ottenuti sono soddisfacenti, c'è il bisogno di fare un confronto con le principali equazioni esistenti.

Vengono riportate quelle più recenti:

1. **Brock and Bird** (J.R. Brock, R.B. Bird, A.I.Ch. E. J 1, 174 (1955)) svilupparono l'idea di Van der Waals creando la seguente equazione per liquidi non polari:

$$\sigma = P_c^{\frac{2}{3}} * T_c^{\frac{1}{3}} * Q * (1 - Tr)^{\frac{11}{9}}$$

dove P_c (bar) è la pressione critica, Tr è la temperatura ridotta e Q è il parametro di Riedel al punto critico. Prendendo in considerazione un suggerimento di *Miller* (1963) per mettere in relazione Q con T_{br} e P_c :

$$\sigma = 0.1196 * \left[1 + T_{br} * \frac{\ln\left(\frac{P_c}{1.01325}\right)}{1 - T_{br}} \right] - 0.279$$

dove T_{br} è la temperatura di ebollizione ridotta definita come T_b/T_c con T_b temperatura di ebollizione.

2. **Pitzer** che introdusse il fattore empirico ω , denominato fattore acentrico, ponendolo in relazione con P_c e T_c :

$$\sigma = P_c^{\frac{2}{3}} * T_c^{\frac{1}{3}} * \frac{(1.86 + 1.18 * \omega)}{19.05} * \left[3.75 + 0.91 * \frac{\omega}{0.291 - 0.08 * \omega} \right]^{\frac{2}{3}} * (1 - Tr)^{\frac{11}{9}}$$

I metodi descritti precedentemente sono soddisfacenti per liquidi non polari, ma non per i composti che mostrano un legame troppo forte (alcol, acidi).

3. **Sastri e Rao** modificarono la formula di *Brock and Bird* ottenendo:

$$\sigma = K * P_c^x * T_b^y * T_c^z * \left[\frac{1 - Tr}{1 - T_{br}} \right]^m$$

dove i valori delle costanti K , x , y , z , m sono elencati nella seguente tabella:

Tabella 30: Valori coefficienti per famiglie dell'equazione Sastri e Rao

Famiglia	K	x	y	z	m
Alcoli	2.28	0.25	0.175	0	0.8
Acidi	0.125	0.5	-1.5	1.85	11/9
Altri	0.158	0.5	-1.5	1.85	11/9

4. L'equazione più recente disponibile in letteratura è quella di **Miqueu** ottenuta attraverso un'analisi critica dei dati sperimentali disponibili sulla tensione superficiale per i composti più volatili dei fluidi del petrolio: azoto, metano, etano, propano, isobutano, n-butano, n-pentano, n-esano, n-eptano, e n-ottano. Includendo nei dati selezionati quelli dell'ossigeno, xeno, è stata formulata la seguente relazione per rappresentare la tensione superficiale:

$$\sigma = k * T_c \left(\frac{Na}{V_c} \right)^{\frac{2}{3}} * (4.35 + 4.14 * \omega) * (1 - Tr)^{1.26} * (1 + 0.19 * (1 - Tr)^{0.5} - 0.25 * (1 - Tr))$$

dove $t = 1 - T/T_c$ è uno meno la temperatura ridotta, k , Na , V_c e ω sono la costante di Boltzmann, il numero di Avogadro, il volume critico e il fattore acentrico, rispettivamente.

NOTA: per il calcolo degli scarti ottenuti da Miqueu, è stato necessario moltiplicare il risultato per 10^7 . In questo modo la tensione superficiale è misurata nella giusta dimensione, cioè: $\left[\frac{mN}{m} \right]$.

Tabella 31: Composti utilizzati da Miqueu

Composti utilizzati da Miqueu						
Ossigeno	Etano	N - esano	R123a	R141b	R236fa	CF3Br
Xeno	Propano	N - eptano	R124	R142b	R245ca	SF6
Krypton	Iso - Butano	N - ottano	R125	R143a	R245fa	
Azoto	N - butano	R32	R134	R152a	E125	
Metano	N - pentano	R123	R134a	R236ea	CCIF3	

Infine, per rendere meglio l'idea del lavoro svolto, si sono calcolati anche gli scarti delle equazioni sopraelencate (con "Mathematica") per avere un confronto con quelli relativi alla formula generale utilizzata inizialmente.

Tabella 32: Valori di Tensione superficiale media ottenuto dalle equazioni.

σ media					
FAMIGLIA	“Formula a coefficienti variabili”	“Brock&Birds”	“Pitzer”	“Sastri Rao”	“Miqueu”
Alcoli	7.50969	27.2521	33.7572	21.3024	28.1251
Aldeidi	22.0061	7.81215	11.6193	6.87809	11.4962
Alcani	2.5483	4.05777	5.27078	6.31849	2.99988
Alcheni	2.54477	5.20834	9.77086	3.5973	5.39183
Amidi	13.2356	25.7393	33.8824	10.2843	28.7438
Anidridi	2.52715	10.1278	15.6871	5.59637	11.6002
Aromatici	2.09577	2.17951	4.59022	2.92897	3.16505
Composti di Bromo	4.5176	6.92224	8.85922	6.04067	5.9971
Cloruri	5.61475	4.47934	5.54779	4.63199	4.79808
Ciclo alcani	4.91247	2.07704	2.79554	0.983594	1.39754
Ciclo alcheni	0.594338	3.20997	1.68046	1.66167	1.73981
Epossidi	3.34309	5.03274	7.52003	5.88746	6.52485
Esteri alifatici	6.09642	10.4112	10.1655	3.97729	6.79821
Esteri aromatici	5.48827	3.47076	7.4573	4.87578	5.34159
Esteri polifunzionali	18.8619	13.1175	16.9459	6.58328	11.4373
Eteri alifatici	35.2299	2.85324	7.34184	2.96258	4.27834
Eteri, Dieteri	19.9615	6.69558	9.92216	6.6339	7.90174
Composti del Fluoro	6.83477	5.25394	7.12406	7.62492	5.40505
Composti di Iodio	6.49831	9.68647	9.42281	8.68071	6.27158
Acidi inorganici	33.6411	80.5541	94.6322	50.016	177.463
Chetoni	26.408	4.82581	9.21085	1.71069	9.96723
Nitrili	35.7524	7.67037	10.7972	8.91528	20.7778
Composti di NO2	41.1826	7.97952	11.5966	9.91254	9.7699
Acidi organici	2.92496	35.1929	45.5036	9.98307	46.3322
Polioli	7.96706	36.792	41.9613	11.8379	32.339
Solfuri	3.94581	6.25451	9.11344	5.05015	6.72986
Terpeni	3.28061	8.50298	8.72335	5.07456	6.76223

I valori della colonna “Formula a coefficienti variabili” sono i risultati della formula utilizzata precedentemente:

$$\sigma = \frac{a*k*tc}{gr^2} * (1 - tr)^b * (1 + fi^c)^d$$

Tabella 33: Valori di Tensione superficiale massima

σ max					
FAMIGLIA	“Formula a coefficienti variabili”	“Brock&Birds”	“Pitzer”	“Sastri Rao”	"Miqueu"
Alcoli	418.956	199.712	214.032	214.032	153.767
Aldeidi	59.5083	40.487	51.1381	51.1381	36.818
Alcani	73.0407	70.8424	68.6047	68.6047	74.2304
Alcheni	9.98666	17.0588	22.1753	22.1753	17.1193
Amidi	88.9416	71.6393	118.703	118.703	65.4093
Anidridi	11.7754	23.2195	30.5378	30.5378	18.4582
Aromatici	35.1506	35.5642	41.3723	41.3723	50.445
Composti di Bromo	42.4685	34.6888	45.9868	45.9868	24.9902
Cloruri	24.6371	46.7267	44.6257	44.6257	43.8984
Ciclo alcani	12.3061	3.42777	5.53343	5.53343	2.41834
Ciclo alcheni	2.90408	6.14927	3.00038	3.00038	4.72535
Epossidi	24.7117	45.8264	43.32	43.32	45.3706
Esteri alifatici	32.958	69.2463	82.9189	82.9189	63.106
Esteri aromatici	39.2694	18.3095	30.5557	30.5557	21.6177
Esteri polifunzionali	56.2226	32.0805	38.0266	38.0266	32.7196
Eteri alifatici	98.8659	62.5016	60.8963	60.8963	69.6057
Eteri, Dieteri	53.3425	20.3555	28.7951	28.7951	25.9286
Composti di Fluoro	86.1114	64.5697	65.7389	65.7389	68.2541
Composti di Iodio	74.5744	95.391	103.725	103.725	99.9863
Acidi inorganici	82.4804	200.056	224.47	224.47	439.125
Chetoni	51.5808	10.4557	14.7558	14.7558	21.6798
Nitrili	100.266	31.2859	37.9873	37.9873	63.8726
Composti di NO2	83.8553	31.5762	28.2374	28.2374	27.7216
Acidi organici	12.6091	57.7034	67.5849	67.5849	80.5428
Polioli	241.472	383.13	404.654	404.654	364.369
Solfuri	18.524	32.051	37.894	37.894	27.4492
Terpeni	13.3315	22.2487	18.5786	18.5786	14.022

Tabella 34: Valori di scarto quadratico medio della tensione superficiale

rmse					
FAMIGLIA	“Formula a coefficienti variabili”	“Brock&Birds”	“Pitzer”	“Sastri Rao”	"Miqueu"
Alcoli	0.00108599	0.00765274	0.00885356	0.002345	0.00834678
Aldeidi	0.00606133	0.00251278	0.00345272	0.0021513	0.00306159
Alcani	0.00037945	0.000967595	0.000922757	0.00121548	0.000575971
Alcheni	0.000724038	0.00143935	0.00220627	0.000960791	0.0014627
Amidi	0.0194964	0.0213382	0.0235918	0.0197259	0.0225206
Anidridi	0.00116262	0.00357505	0.00521265	0.00201384	0.00346339
Aromatici	0.000588774	0.000640042	0.00126161	0.000711884	0.00103133
Composti di Bromo	0.00188998	0.00291064	0.00345577	0.0025469	0.00274785
Cloruri	0.00176793	0.00353064	0.00332325	0.00383306	0.00325585
Ciclo alcani	0.00152399	0.000551779	0.000763612	0.000345216	0.000379171
Ciclo alcheni	0.000205818	0.000900716	0.000453235	0.000519857	0.000558907
Epossidi	0.0010804	0.00129216	0.00198845	0.00173991	0.00172527
Esteri alifatici	0.0019691	0.00383758	0.00430611	0.00159813	0.00279542
Esteri aromatici	0.00153582	0.00107495	0.00232553	0.00196959	0.00166658
Esteri polifunzionali	0.00651821	0.00471337	0.00603603	0.00272517	0.00398373
Eteri alifatici	0.00767348	0.000725782	0.00161817	0.000640895	0.0010469
Eteri, Dieteri	0.00609522	0.00187871	0.00292403	0.0017705	0.00215415
Composti di Fluoro	0.000622661	0.000759929	0.000869799	0.00078089	0.000838351
Composti di Iodio	0.00344561	0.00613908	0.00575447	0.00575447	0.0048325
Acidi inorganici	0.00686835	0.0148527	0.0170641	0.0103251	0.033076
Chetoni	0.0074805	0.00135126	0.00236879	0.000535396	0.00291356
Nitrili	0.01062	0.00276974	0.00341884	0.00368264	0.00680346
Composti di NO2	0.0154847	0.00296152	0.00425416	0.00413107	0.00398749
Acidi organici	0.00107563	0.0104089	0.0128755	0.00474689	0.0134185
Polioli	0.00486977	0.0168761	0.0185981	0.00592973	0.0148603
Solfuri	0.00158243	0.00248787	0.00333542	0.00190979	0.00239506
Terpeni	0.00107746	0.00238646	0.00233816	0.00149464	0.00201035

CONCLUSIONI

Tabella 35: Tabella di confronto della tensione superficiale media ottenuta dalle equazioni a coefficienti fissi

σ media			
FAMIGLIA	“Brock&Birds”	“Pitzer”	“Miqueu”
Alcoli	27.2521	33.7572	28.1251
Aldeidi	7.81215	11.6193	11.4962
Alcani	4.05777	5.27078	2.99988
Alcheni	5.20834	9.77086	5.39183
Amidi	25.7393	33.8824	28.7438
Anidridi	10.1278	15.6871	11.6002
Aromatici	2.17951	4.59022	3.16505
Composti di Bromo	6.92224	8.85922	5.9971
Cloruri	4.47934	5.54779	4.79808
Ciclo alcani	2.07704	2.79554	1.39754
Ciclo alcheni	3.20997	1.68046	1.73981
Epossidi	5.03274	7.52003	6.52485
Esteri alifatici	10.4112	10.1655	6.79821
Esteri aromatici	3.47076	7.4573	5.34159
Esteri polifunzionali	13.1175	16.9459	11.4373
Eteri alifatici	2.85324	7.34184	4.27834
Eteri, Dieteri	6.69558	9.92216	7.90174
Composti del Fluoro	5.25394	7.12406	5.40505
Composti di Iodio	9.68647	9.42281	6.27158
Acidi inorganici	80.5541	94.6322	177.463
Chetoni	4.82581	9.21085	9.96723
Nitrili	7.67037	10.7972	20.7778
Composti di NO₂	7.97952	11.5966	9.7699
Acidi organici	35.1929	45.5036	46.3322
Polioli	36.792	41.9613	32.339
Solfuri	6.25451	9.11344	6.72986
Terpeni	8.50298	8.72335	6.76223

Dalla tabella si può osservare che le equazioni hanno dato un buon scarto per quasi tutte le famiglie, tranne che per gli “Alcoli”, “Amidi”, “Acidi”, “Polioli”; ed è non molto buono per “Esteri Alifatici”, “Esteri polifunzionali”, “Anidridi”, “Aldeidi” e “Nitrili”, mentre è molto buono per le altre famiglie.

Tabella 36: Tabella di confronto della tensione superficiale media ottenuta dalle equazioni a coefficienti variabili

σ media		
FAMIGLIA	“Formula a coefficienti variabili”	“Sastri Rao”
Alcoli	7.50969	21.3024
Aldeidi	22.0061	6.87809
Alcani	2.5483	6.31849
Alcheni	2.54477	3.5973
Amidi	13.2356	10.2843
Anidridi	2.52715	5.59637
Aromatici	2.09577	2.92897
Composti di Bromo	4.5176	6.04067
Cloruri	5.61475	4.63199
Ciclo alcani	4.91247	0.983594
Ciclo alcheni	0.594338	1.66167
Epossidi	3.34309	5.88746
Esteri alifatici	6.09642	3.97729
Esteri aromatici	5.48827	4.87578
Esteri polifunzionali	18.8619	6.58328
Eteri alifatici	35.2299	2.96258
Eteri, Dieteri	19.9615	6.6339
Composti del Fluoro	6.83477	7.62492
Composti di Iodio	6.49831	8.68071
Acidi inorganici	33.6411	50.016
Chetoni	26.408	1.71069
Nitrili	35.7524	8.91528
Composti di NO2	41.1826	9.91254
Acidi organici	2.92496	9.98307
Polioli	7.96706	11.8379
Solfuri	3.94581	5.05015
Terpeni	3.28061	5.07456

Considerazioni finali

In questa tabella di confronto tra i risultati delle equazioni a coefficienti variabili, si nota che il valore di σ media ottenuto dalla “formula a coefficienti variabili” è abbastanza alto per “Esteri polifunzionali”, “Eteri”, “Aldeidi”, “Acidi inorganici”, “Chetoni”, “Nitrili” e “Composti dell’NO2”, mentre per l’equazione “Sastri Rao” la σ media è elevata per “Acidi inorganici” e “Alcoli”.

Ciò significa che più la σ media è elevata più la famiglia potrebbe comprendere fluidi con dei valori di tensione superficiale errati, cioè non misurati correttamente.

- In conclusione, le due famiglie per cui la σ media ottenuta da tutte le equazioni, sia a coefficienti fissi che coefficienti variabili, è elevato, sono gli Alcoli e gli Acidi, in particolare

per quelli inorganici, perché ogni fluido della famiglia è diverso dall'altro, cioè è composto da elementi differenti.

- Da notare anche che l'equazione "Formula a coefficienti variabili" dà una σ media elevata per ben 7 famiglie; ciò è dovuto al fatto che il numero di punti è molto alto, ovvero il numero elevato di dati di σ per famiglia, che è maggiore per Alcoli, Amidi, Chetoni, Nitrili, Esteri Polifunzionali ed Eteri Alifatici; quest'ultime due hanno avuto un risultato piuttosto alto solo nell'equazione a coefficienti variabili, mentre per le altre a coefficienti fissi e la "Sastri Rao" il risultato è buono.

Si vuole ringraziare il relatore prof. Giovanni Di Nicola, per aver concesso l'opportunità di lavorare a questa tesi ed il dott. Mariano Pierantozzi per aver fornito la sua preziosa assistenza e tutto il materiale necessario, al dottor Sebastiano Tomassetti per aver predisposto le tabelle per la raccolta dati, ed al dottor Francesco Pio Muciaccia per aver spiegato il funzionamento del software "Mathematica".

Bibliografia

Alcoli:

([01] [https://en.wikipedia.org/wiki/Alcohol_\(chemistry\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Alcohol_(chemistry)))

((12894) Thermodynamics Research Center, TRC Thermodynamic Tables - Non-Hydrocarbons, The Texas A & M University System, College Station, TX, 1997)

((1571) Weiss, G., Hazardous Chemicals Data Book, Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, 1980)

((15904) Harkins, W.D., Surface Energy and the Orientation of Molecules in Surfaces as revealed by Surface Energy relations Ph Ch (A), 139, 647-691, 1928)

((16111) Calvo, E., Penas, A., Pintos, M., Bravo, R., Amigo, A., J. Chem. Eng. Data, 46, 692-695, 2001)

((18464) Jimenez, E., Cabanas, M., Segade, L., Garcia-Garabal, S., Casas, H., Fluid Phase Equilib., 180, 2001)

((1903) Geiseler, G., Quitzsch, K., Hesselbach, J., Huttig, R., Physikalische Eigenschaften der Stellungsisomeren n-Dodecanole Z. Phys. Chem., 220, 79, 1962)

((3) Thermodynamics Research Center, Texas A&M University, College Station, Texas Selected Values of Properties of Chemical Compounds, Data Project, sheets, loose-leaf data, 1980)

((33) Jasper J. , "The Surface Tension of Pure Liquid Compounds, " J. Phys. Chem. Ref. Data, 1, 4, 841-1009, 1972)

((470) Mumford, S.A., Phillips, J.W.C., "The Physical Properties of Some Aliphatic Compounds", J. Chem. Soc., 75-84, 1950)

((50) Timmermans, J., "Physico-Chemical Constants of Pure Organic Substances, Vol II", Supplement to Vol I published in 1950, 1965)

((7042) Starobinets, G.L., Gurevich, N.Z., "Measurement of Surface Tension in Solutions of Substances with Long Chain Lengths, " Ser. Khim., 20, 98 (1954);, 1957)

- ((712) Efremov, Yu. V., "Density, Surface Tension, Vapour Pressure and Critical Parameters of Alcohols, " Russ. J. Phys. Chem., 40, 6, 667, 1966)
- ((7134) Pathak, S., Kalti, S.S., "Surface Thermodynamic Properties of n-Long-Chain Alcohols, Alkoxy Ethanols, Propanols, and Butanols, " J. Chem. Eng. Data, 14, 359, 1969)
- ((735) Katti, S.S., Pathak, S., "Surface Thermodynamic Properties of Alcohols and Related Compounds, " J. Chem. Eng. Data, 14, 1, 73-76, 1969)
- ((9815) Watanabe, A., Sugiyama, S., "Temperature Coefficient of Surface Tension for Organic Liquids of Homologous Series, " Nippon Kagaku Kaishi, 2047 (1973), 1973)
- [[27568] Souckova, M., Klomfar, J., Patek, J., "Measurement and Correlation of the Surface Tension - Temperature Relation for Methanol, " J. Chem. Eng. Data, 53, 2233-2236, 2008)
- [[28] Kaye, G.W.C., Laby, T.H., "Tables of Physical and Chemical Constants, 14th ed.", 1973)
- [[31355] Muratov G.N., Zh.Fiz.Khim., 54(8), 2088-2089, 1980)
- [[33870] Vazquez G., Alvarez E., Navaza J.M., J.Chem.Eng.Data, 40(3), 611-614, 1995)
- [[37274] Katti S.S., Pathak S., J.Chem.Eng.Data, 14(1), 73-76, 1969)
- [[38128] Efremov Yu.V., Zh.Fiz.Khim., 40(6), 1240-1247, 1966)
- [[49533] Roscher T., Thielemann H., Leuna Protocol, 7282, 1971)
- ((7) Vargaftik, N.B., "Tables on the Thermophysical Properties of Liquids and Gases, 2nd ed.", 1975)
- ((41671) Mueller A., Fette Seifen Anstrichmittel, 53(3), 151-159, 1951)

Aldeidi:

[[02]

<https://it.wikipedia.org/wiki/Aldeidi#:~:text=Le%20aldeidi%20sono%20composti%20organici,formile%2C%20indicato%20con%20%2DCHO.&text=Il%20loro%20nome%20deriva%20da,processi%20di%20fermentazione%20degli%20zuccheri.>

((1042) Maass, O., Boomer, E.H. J. Am. Chem. Soc., 44, 1709-1728, "Vapor Densities at Low Pressures and Over An Extended Temperature Range. I. The Properties of Ethylene Oxide Compared to Oxygen Compounds of Similar Molecular Weight", 1922)

[[4498] Coto B., Cabanas A., Pando C., Menduina C., Rubio R.G., Renuncio A.R., J.Chem.Soc.Faraday Trans., 91(17), 2779-2787, 1995)

((3667) Weiss, G., "(book:) Hazardous Chemicals Data Book, " Hazardous Chemicals Data Book: Second Edition, Noyes Data Corp. Park Ridge, NJ, 1986)

((33) Jasper J. , "The Surface Tension of Pure Liquid Compounds, " J. Phys. Chem. Ref. Data, 1, 4, 841-1009, 1972)

((39) Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed.", 1970)

((25627) Hennaut-Roland, M., Lek, M., Bull. Soc. Chim. Belg., 40, 177-194, "Methods and Equipment used at the Bureau of Physico-Chemical Standards. IV. The Surface Tension of a Series of Organic Substances", 1931)

[[20574] Harkins W.D., Cheng Y.C., J.Am.Chem.Soc., 43, 35-53, 1921)

Alcani:

[[03] <https://it.wikipedia.org/wiki/Alcani>)

[[7] Vargaftik, N.B., "Tables on the Thermophysical Properties of Liquids and Gases, 2nd ed.", 1975)

[[33] Jasper J. , "The Surface Tension of Pure Liquid Compounds, " J. Phys. Chem. Ref. Data, 1, 4, 841-1009, 1972)

[[398] Matheson Gas Data Book, "unabridged ed. 4 vols.", Matheson Company, Inc, 1974)

[[470] Mumford, S.A., Phillips, J.W.C., "The Physical Properties of Some Aliphatic Compounds, ", 1950)

[[1273] Calado, J.C., McLure, I.A., Soanes, V.A., "Surface Tension for Octafluorocyclobutane, n-Butane and Their Mixtures from 233 K to 254 K, and Vapour Pressure, Excess Gibbs Function and Excess Volume for the Mixtures at 233 K, ")

[[1373] Bagdasaryan, S.S., "Calculation of Surface Tension of Alkanes and Arenes, ", 1979)

[[1769] Hough, E.W., Stegemeier, "Surface Tension of Propane Near the Critical, ", June 1962)

[[3610] Katz, D.L., Saltman, W., "Surface Tension of Hydrocarbons, ", 1939)

[[3834] Soares, V.A.M., Almeida, B. de J.V.S., McLure, I.A., Higgins, R.A., "Surface Tension of Pure and Mixed Simple Substances at Low Temperatures, ", 1986)

[[4111] Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part IX. Aliphatic Hydrocarbons, ", 1946)

[[5050] Ramkumar, D.H.S., Kudchadker A.P., "Mixture Properties of the Water and gamma-Butyrolactone and Tetrahydrofuran System. 2.", 1989)

[[6882] Nagarajan N., Robinson R.L.Jr., J.Chem.Eng.Data, 31(2), 168-171, 1986)

[[17552] Weinaug C.F., Katz D.L., Ind.Eng.Chem., 35(2), 239-246, 1943)

[[31428] Nemzer B.V., Izv.Vyssh.Uchebn.Zaved.Neft Gaz, 64-72, 1985)

[[31429] Grigorev B.A., Nemzer B.V., Tatevosov G.D., Izv.Vyssh.Uchebn.Zaved.Neft Gaz, 53-58, 1985)

[[32108] Blagoi Y.P., Ukr.Fiz.Zh.(Ukr.Ed.), 5(1), 109-114, 1960)

[[33829] Aguila-Hernandez J., Hernandez I., Trejo A., Int.J.Thermophys., 16(1), 45-52, 1995)

[[37243] Jasper J.J., Kring E.V., J.Phys.Chem., 59, 1019-1021, 1955)

[[37247] Jasper J.J., Kerr E.R., Gregorich F., J.Am.Chem.Soc., 75, 5252-5254, 1953)

[[37282] Leadbetter A.J., Taylor D.J., Vincent B., Can.J.Chem., 42, 2930-2932, 1964)

[[37307] Korösi G., Kovats E.S., J.Chem.Eng.Data, 26(3), 323-332, 1981)

[53469] Pugachevich P.P., Cherkasskaya A.I., Viniti, Code 1566-76, 1-17, 1976)

[58314] Queimada A.J., Silva F.A.E., Caco A.I., Marrucho I.M., Coutinho J.A.P., Fluid Phase Equilib., 214, 211-221, 2003)

Alcheni:

[04] <https://it.wikipedia.org/wiki/Alcheni>)

((2) Washburn, E.W., "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry, and Technology, ", 7 Vols + Index, 1926-1933)

((33) Jasper J. , "The Surface Tension of Pure Liquid Compounds, " J. Phys. Chem. Ref. Data, 1, 4, 841-1009, 1972)

((2915) Harkins, W.A., Cheng, Y.C., "The Orientation of Molecules in Surfaces. VI. Cohesion, Adhesion, Tensile Strength, Tensile Energy, Negative Surface Energy, Interfacial Tension and Molecular Attraction, ", 1921)

((3522) Morehouse, F.R., Maas, O., "The Preparation and Physical Properties of Ethyl and Methyl Acetylene, ", 1931)

((4501) Morehouse, F.R., Maas, O., "The Preparation and Physical Properties of Aliphatic Acetylenes, ", 1934)

[32634] Maass O., Wright C.H., J.Am.Chem.Soc., 43(2), 1098-1111, 1921)

[37261] Grzeskowiak R., Jeffery G.H., Vogel A.I., J.Chem.Soc.London, 4719-4722, 1960)

Amidi:

[05] <https://it.wikipedia.org/wiki/Amido>)

((2) Washburn, E.W., "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry, and Technology, ", 7 Vols + Index, 1926-1933)

((39) Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed.", 1970)

((50) Timmermans, J., "Physico-Chemical Constants of Pure Organic Substances, Vol II", Supplement to Vol I published in 1950, 1965)

((1571) Weiss, G., Hazardous Chemicals Data Book, Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, 1980)

((2641) Turner, W.E.S., Merry, E.W., "The Molecular Complexity in the Liquid State of Tervalent Nitrogen Compounds", 1910)

((2706) Gopal, R., Rizvi, S.A., "Physical Properties of Some Mono-and Di-alkyl I-substituted Amides at Different Temperatures, ", 1966)

((3710) Livingston, J., Morgan, R., Stone, E.C., "The Weight of a Falling Drop and the Laws of Tate. XII. The Drop Weights of Certain Organic Liquids and the Surface Tensions and Capillary Constants Calculated from Them, ", 1913)

((5565) Walden, P., "Uber Einige Abnorme Temperaturkoeffizienten der Molekularen Oberflächenenergie von Organischen Stoffe, ", 1910)

- [[101597] Dreisbach R.R., Tech.Rep., 1952-1955)
- ((16391) Maham, Y., Mather, A.E., "Surface thermodynamics of aqueous solutions of alkylethanolamines, ", 2001)
- ((18585) Alvarez, E., Cancela, A., Maceiras, R., Navaza, J. M., Taboas, R., "Surface Tension of Aqueous Binary Mixtures", 2003)
- ((24790) Lampreia, I.M.S., Santos, A.F.S., Barbas, M.J.A., Santos, F.J.V., Lopes, M.L.S.M., "Changes in Aggregation Patterns Detected by Diffusion, Viscosity, and Surface Tension in Water + 2-(Diethylamino)Ethanol Mixtures at Different Temperatures, ", 2007)
- ((26428) Alvarez, E., Gomez-Diaz, D., La Rubia, M.D., Navaza, J.M., "Surface Tension of Aqueous Binary Mixtures", 2008)
- [[39942] Vazquez G., Alvarez E., Navaza J.M., Rendo R., Romero E., J.Chem.Eng.Data, 42(1), 57-59, 1997)
- ((30141) Garcia-Abuin, A., Gomez-Diaz, D., La Rubia, M.D., Lopez, A.B., Navaza, J.M., "Density, Speed of Sound, Refractive Index, Viscosity, Surface Tension, and Excess Volume of N-Methyl-2-pyrrolidone + 1-Amino-2-propanol {or Bis(2-hydroxypropyl)amine}", 2011)
- ((30189) Greaves, T.L., Weerawardena, A., Drummond, C.J., "Nanostructure and amphiphile self-assembly in polar molecular solvents: amides and the "solvophobic effect", 2011)
- [[40779] Schwabe K., Spiethoff D., Graichen W., Z.Phys.Chem.(München) , 20, 68-82, 1959)
- [[40778] Headlee A.J.W., Collett A.R., Lazzell C.L., J.Am.Chem.Soc., 55, 1066-1069, 1933)
- [[130993] Department of Physical Chemistry, the Fourth Research Group, Institute of Natural Gas, Shiyou-yu-tianranqi-huagong, 1-24, 1981)
- [[41420] Jaeger F.M., Z.Anorg.Allg.Chem., 101(1), 1-214, 1917)
- [[41650] Kinart C.M., Kinart W.J., Kolasinski A., Phys.Chem.Liq., 36(3), 133-139, 1998)
- [[49528] Moerke K., Roscher T., Leuna Protocol, 9101, 1982)
- [[69215] Larionov N.I., Dmitrieva N.A., Goryachko G.V., Primenenie ul'traakustiki k issledovaniju veshchestva, Moskva, 75-90, 1958)
- [[162872] Fanaei Khosroshahi E., Heydari A., Mirzayi B., Nasser Shamkhali A., Fluid Phase Equilib., 423, 34-42, 2016)

Anidridi:

- [[06] <https://it.wikipedia.org/wiki/Anidride>)
- ((501) Lewis, D.T., "The Physical Properties of the Aliphatic Acid Anhydrides, ", 1940)
- ((8)Kirk-Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology, 2nd ed., "; 22 Vols + Suppl, 1966)
- ((3080) Ray, S.K., "Parachor and Ring Structure. Part I, ", 1934)

((34202) Personal Communication from Jeff Smith, REACH-DETERMINATION OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES - ISOBUTYRIC ANHYDRIDE, Received at BYU 5/15/2018; Report, 2011)

([97035] Granzhan V.A., Laktionova S.K., Viniti, Code 3699-76, 1-13, 1976)

Aromatici:

([07] https://it.wikipedia.org/wiki/Composti_aromatici)

((1341) Sugden, S., "The Variation of Surface Tension with Temperature and Some Related Functions, ", 1924)

((1373) Bagdasaryan, S.S., "Calculation of Surface Tension of Alkanes and Arenes, ", 1979)

((33) Jasper, J.J., "The Surface Tension of Pure Liquid Compounds, ", 1972)

((9915) Dhillon, M.S., Mahl, B.S., "Surface Tensions of Chlorobenzene with Cyclohexane, Benzene, o-, m-, p-Xylenes, ", 1978)

((24780) Deng, J., Tan, H., Yang, Y., Zai, S., Ouyang, G., Huang, Z., "Densities and Surface Tensions of Propyl Acetate + Xylenes or + Ethylbenzene from (298.15 to 308.15) K, ", 2007)

((29547) Chen, Z., Ma, P., Xia, S., Yin, D., "Surface Tension of o-Xylene + Acetic Acid and m-Xylene + Acetic Acid Binary Mixtures from 303.15 K to 343.15 K, ", 2007)

((30722) Kremann, R., Meingast, R., "Ueber die Energieaenderungen binaerer Systeme. III. Mitteilung Die Oberflaechenspannungen binaerer Gemische, ", 1914)

([31355] Muratov G.N., Zh.Fiz.Khim., 54(8), 2088-2089, 1980)

([33676] Kalbassi M.A., Biddulph M.W., J.Chem.Eng.Data, 33(4), 473-476, 1988)

([34676] Burriel Marti F., Bull.Soc.Chim.Belg., 39, 590-630, 1930)

([34835] Narayan J., Wanchoo R.K., Raina G.K., Wani G.A., Can.J.Chem.Eng., 66(6), 1021-1026, 1988)

([34904] Grzyll L.R., Ramos C., Back D.D., J.Chem.Eng.Data, 41(3), 446-450, 1996)

([37179] Richards T.W., Speyers C.L., Carver E.K., J.Am.Chem.Soc., 46, 1196-1207, 1924)

Composti del Bromo:

([41420] Jaeger F.M., Z.Anorg.Allg.Chem., 101(1), 1-214, 1917)

((1341) Sugden, S., "The Variation of Surface Tension with Temperature and Some Related Functions, ", 1924)

((2) Washburn, E.W., "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry, and Technology, ", 7 Vols + Index, 1926-1933)

((39) Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed.", 1970)

((398) Matheson Gas Data Book, "unabridged ed. 4 vols.", Matheson Company, Inc, 1974)

((50) Timmermans, J., "Physico-Chemical Constants of Pure Organic Substances, Vol II", Supplement to Vol I published in 1950, 1965)

((470) Mumford, S.A., Phillips, J.W.C., "The Physical Properties of Some Aliphatic Compounds, ", 1950)

((2608) Hennaut-Roland, M., Lek, M., "Etude de la Tension Superficielle d'une Serie de Corps Organiques", 1931)

((2226) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XXIII. Miscellaneous Compounds.", 1948)

((6798) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part VIII. Alkyl Chlorides, Bromides and Iodides, ", 1943)

[[37227] Vogel, A.I., J.Chem.Soc.London, 654-658, 1948)

[[37228] Vogel A.I., J.Chem.Soc.London, 644-654, 1948)

((2132) Timmermans, J., Hennaut-Roland, Mdme., "Travaux du Bureau International d'Etalons Physico-Chimiques. Studies of the Physical Constants of Twenty Organic Compounds, ", 1937)

((2363) Desreux, V., "Etude sur le parachor, ", 1935)

((4145) Riddick, J.A., Bunger, W.B., Sakano, T.K., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 4th ed., ", 1986)

((1842) Dreisbach, R.R., "Physical Properties of Chemical Compounds, " Advances in Chemistry Series, 1955)

((6978) Brown, H.C., Wallace, W.J., "Addition Compounds of Aluminum Halides with Alkyl Halides, ", 1953)

((6980) Bartell, F.E., Wooley, A.D., "Solid-Liquid-Air Contact Angles and their Dependence upon the Surface Condition of the Solid, ", 1933)

((22542) Pilpel, N., "Complex Formation and Emulsion Stability, ", 1960)

[[37222] Arrowsmith G.B., Jeffery G.H., Vogel A.I., J.Chem.Soc.London, 2072-2078, 1965)

[[37307] Korösi G., Kovats E.S., J.Chem.Eng.Data, 26(3), 323-332, 1981)

((30417) Grzeskowiak, R., Jeffery, G.H., Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XXXI. Polymethylene Dichlorides, Dibromides, Di-iodides, and Dicyanides., ", 1960)

((30636) Wohlfarth, C., Wohlfarth, B., Lechner, M.D., "Surface Tension of Pure Liquids and Binary Liquid Mixtures (Landolt-Boernstein Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology), " 16, 4, 1997)

((30716) Yajnik, N.A., Sharma, R.K., Bharadwaj, M.C., "The Relation between the Surface Tension and Vapor Pressure of Binary Mixtures, ", 1926)

((30722) Kremann, R., Meingast, R., "Ueber die Energieaenderungen binaerer Systeme. III. Mitteilung Die Oberflaechenspannungen binaerer Gemische, ", 1914)

((30710) Ramsay, W., Aston, E., "The Molecular Surface-Energy of Mixtures of Non-Associating Liquids, ", 1894)

((30749) Toropov, A.P., Kabanova, V.M., "Surface Tension of Normal Systems Wherein Components are Very Different in Magnitude of this Property, ", 1961)

[[103064] Müller A.H.R., Z.Phys.Chem., 86, 177-242, 1914)

((2915) Harkins, W.A., Cheng, Y.C., "The Orientation of Molecules in Surfaces. VI. Cohesion, Adhesion, Tensile Strength, Tensile Energy, Negative Surface Energy, Interfacial Tension and Molecular Attraction, ", 1921)

((3854) Harkins, W.D., Clark, G.L., Roberts, L.E., "The Orientation of Molecules in Surfaces, Surface Energy, Adsorption, and Surface Catalysis. V. The Adhesional Work between Organic Liquids and Water, ", 1920)

Composti del fluoro:

((19461) Duan, Y.-Y., Lin, H., Wang, Z.-W., "Surface Tension Measurements of Difluoromethane (R-32) and the Binary Mixture Difluoromethane (R-32) + 1,1,1,2-Tetrafluoroethane (R-134a) from (253 to 333) K, ", 2003)

[[107848] Heide R., DKV-Tagungsbericht 1993, 137-151, 1993)

((11571) Okada, M., Higashi, Y., "Experimental Surface Tensions for HFC-32, HCFC-124, HFC-125, HCFC-141b, HCFC-142b, and HFC-152a, ", 1995)

((30636) Wohlfarth, C., Wohlfarth, B., Lechner, M.D., "Surface Tension of Pure Liquids and Binary Liquid Mixtures (Landolt-Boernstein Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology), " 16, 4, 1997)

((30660) Heide, R., "Die Oberflaechenspannung von Halogenkaeltmitteln, ", 1973)

[[51477] Froeba A.P., Will S., Leipertz A., Int.J.Thermophys., 21(6), 1225-1253, 2000)

[[37306] Soares V.A.M., De Almeida B.J.V.S., McLure I.A., Higgins R.A., Fluid Phase Equilib., 32(1), 9-16, 1986)

[[131782] Fan J., Zhao X., Guo Z., Fluid Phase Equilib., 316, 98-101, 2012)

((19445) Lin, H., Duan, Y. Y., "Surface Tension of 1,1,1-Trifluoroethane (HFC-143a), 1,1,1,2,3,3,3-Heptafluoropropane (HFC-227ea), and Their Binary Mixture HFC-143a/227ea, ", 2003)

((7678) McLure, I.A., Soares, V.A.M., Edmonds, B., "Surface Tension of Perfluoropropane, Perfluoro-n-butane, Perfluoro-n-hexane, Perfluoro-octane, Perfluorotributylamine and n-Pentane, ", 1982)

((18936) Stiles, V. E., Cady, G. H., "Physical Properties of Perfluoro-n-hexane and Perfluoro-2-methylpentane, ", 1952)

((33) Jasper, J.J., "The Surface Tension of Pure Liquid Compounds, ", 1972)

((15447) Skripov, V.P., Firsov, V.V., "Surface Tension of Perfluoroalkanes, ", 1968)

[[39232] Skripov V.P., Firsov V.V., Zh.Fiz.Khim., 42(5), 1253-1257, 1968)

((18928) Sauer, B. B., Dee, G. T., "Molecular Weight Dependence of Surface Tension of Linear Perfluorinated Alkane Melts Including High Molecular Weight Poly(tetrafluoroethylenes), " Macromolecules, 27, 6112-6116, 1994)

- ((19429) Ermakov, G. V., Skripov, V. P., "Thermodynamic Properties of Perfluorocarbons, ", 1971)
- ((15445) Haszeldine, R.N., Smith, F., "Organic Fluorides. Part VI. The Chemical and Physical Properties of Certain Fluorocarbons, ", 1951)
- [40758] Haszeldine R.N., Smith F., J.Chem.Soc.London, 3617-3623, 1950)
- ((2363) Desreux, V., "Etude sur le parachor, ", 1935)
- [31372] Zheleznyi V.P., Krasnoyurchenko A.G., Teplofiz.Svoistva Vesh.Mater., 55-63, 1977)
- ((11270) Liu, M.F., Han, L.Z., Zhu, M.S., "Surface Tension of Pentafluoroethane, ", 1994)
- ((26054) Myers, R.S., Berenbach, B.A., Clever, H.L., "Surface Tension of p-difluorobenzene, Hexafluorobenzene, and Some p-difluorobenzene p-xylene Solutions, ", 1969)
- ((422) Kirk-Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., ", 1978)
- ((330) Timmermans, J., Hennaut-Roland, Mme., "Etude des Constants Physiques de Vingt Composes Organiques, ", 1935)
- [37307] Korösi G., Kovats E.S., J.Chem.Eng.Data, 26(3), 323-332, 1981)
- ((23829) Freire, M.G., Carvalho, P.J., Queimada, A.J., Marrucho, I.M., Coutinho, J.A.P., "Surface Tension of Liquid Fluorocompounds, ", 2006)
- ((39) Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed.", 1970)
- ((4145) Riddick, J.A., Bunger, W.B., Sakano, T.K., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 4th ed., ", 1986)
- ((12875) Higashi, Y., Shibata, T., "Surface Tension for 1,1,1-Trifluoroethane (R-134a), 1,1,1,2-Tetrafluoroethane (R-134a), 1,1-Dichloro-2,2,3,3-Pentafluoropropane (R-225ca), and 1,3-Dichloro-1,2,2,3,3-Pentafluoropropane (R-225cb), ", 1997)
- ((19401) Rohrback, G H, Cady, G H, "Surface Tensions and Refractive Indices of the Perfluoropentanes, ", 1949)
- ((1842) Dreisbach, R.R., "Physical Properties of Chemical Compounds, " Advances in Chemistry Series, 1955)
- ((6397) McLinden, M.O., Gallagher, J.S., Weber, L.A., Morrison, G., Ward, D., Goodwin, A.H., Moldover, M.R., Schmidt, J.W., Chae, H.B., Bruno, T.J., Ely, J.F., Huber, M.L., "Measurement and Formulation of the Thermodynamic Properties of Refrigerants", 1989)
- ((14209) Oliver, G.D., Blumkin, S., Cunningham, C.W., "Some Physical Properties of Hexadecafluoroheptane, ", 1951)

Composti di Iodio:

- ((2) Washburn, E.W., "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry, and Technology, " , 7 Vols + Index, 1926-1933)

((50) Timmermans, J., "Physico-Chemical Constants of Pure Organic Substances, Vol II", Supplement to Vol I published in 1950, 1965)

((39) Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed.", 1970)

((4145) Riddick, J.A., Bunger, W.B., Sakano, T.K, "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 4th ed.", 1986)

((470) Mumford, S.A., Phillips, J.W.C., "The Physical Properties of Some Aliphatic Compounds, ", 1950)

[[37182] Sugden S., J.Chem.Soc.London, 125, 1167-1177, 1924)

((4049) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XV. The Phenyl Group, ", 1948)

((6798) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part VIII. Alkyl Chlorides, Bromides and Iodides, ", 1943)

((2608) Hennaut-Roland, M., Lek, M., "Etude de la Tension Superficielle d'une Serie de Corps Organiques", 1931)

((19050) Hennaut-Roland, M., Lek, M., "Methodes et Appareils en Usage au Bureau des Etalons Physico-Chimiques IV. Etude de la tension superficielle d'une serie de corps organiques, ", 1931)

((15904) Harkins, W.D., Surface Energy and the Orientation of Molecules in Surfaces as revealed by Surface Energy relations Ph Ch (A), 139, 647-691, 1928)

[[39650] Grzeskowiak R., Jeffery G.H., Vogel A.I., J.Chem.Soc.London, 4728-4731, 1960)

((30740) Ogino, K., Ohki, H., Abe, M., Hirano, J., Funada, T., "The Effect of the Wettability of the Injection Nozzle on the Size of Oil Droplets in Water, ", 1988)

((30741) Michaels, A.S., Dean, S.W. Jr., "Contact Angle Relationships On Silica Aquagel Surfaces, ", 1962)

Composti di NO₂:

((2) Washburn, E.W., "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry, and Technology, "; 7 Vols + Index, 1926-1933)

((590) Timmermans, J., Hennaut-Roland, Mdme., "Travaux du Bureau International d'etalons physico-chimiques. V. Studies of the Physical Constants of Twenty Organic Compounds, ", 1932)

[[37595] Carrara G., Ferrari G., Gazz.Chim.Ital., 36, 419-429, 1906)

((1620) Koroesi, G., Kovats, E., "Density and Surface Tension of 83 Organic Liquids, ", 1981)

- [37264] Snead C.C., Clever H.L., J.Chem.Eng.Data, 7(3), 393-394, 1962)
- ((39) Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed., " Wiley Interscience, 1970)
- ((2226) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XXIII. Miscellaneous Compounds.", 1948)
- ((8876) Snead, C.C., Clever, H.L., "Thermodynamics of Liquid Surfaces. Surface Tension of Eight High Purity Nitroparaffins from 0 C to 60 C, ", 1962)
- ((2829) Timmermans, M.J., Hennault-Roland, Mme., "Travaux du Bureau International d'Etalons Physico-Chimiques. IX. Exude des Constantes Physiques de Vingt Composes Organiques", 1955)
- ((2809) Jaeger, F.M., "Uber die Temperaturabhangigkeit der Molekularen Freien Oberflächenenergie von Flüssigkeiten im Temperaturbereich von -80 bis + 1650 C., ", 1917)
- ((4611) Hammick, D.L., Wilmut, H.F., "Parachors of Some Substituted Methanes, ", 1934)
- [39728] Sugden S., Wilkins H., J.Chem.Soc.London, 127, 2517-2522, 1925)
- ((3037) Hennaut-Rolland, M., "Note Sur Les Constanties De L'Ortho et du Metanitrotoluen, ", Bull. Soc. Chim. Belg., 42, 80, 1933)
- ((7) Vargaftik, N.B., "Tables on the Thermophysical Properties of Liquids and Gases, 2nd ed.", 1975)
- [37182] Sugden S., 1924)
- ((2608) Hennaut-Roland, M., Lek, M., "Etude de la Tension Superficielle d'une Serie de Corps Organiques", 1931)
- ((2755) Ramsay, W., Shields, J., "The Molecular Complexity of Liquids", 1893)
- [41420] Jaeger F.M., Z.Anorg.Allg.Chem., 101(1), 1-214, 1917)
- ((33) Jasper J. , "The Surface Tension of Pure Liquid Compounds, " J. Phys. Chem. Ref. Data, 1, 4, 841-1009, 1972)
- ((3336) Lewis, D.T., "The Determination of the Critical Constants of Liquid Expolsives, ", J. Chem. Technol. Biotechnol., 3, 154, 1953)

Cloruri:

[08] <https://it.wikipedia.org/wiki/Cloruro>)

[37228] Vogel A.I., J.Chem.Soc.London, 644-654, 1948)

[135590] Shukla R.K., Kumar A., Srivastava U., Awasthi N., Pandey J.D., J.Solution Chem., 41(7), 1112-1132, 2012)

- ((8) Kirk-Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology, 2nd ed., "; 22 Vols + Suppl, 1966)
- [[41420] Jaeger F.M., Z.Anorg.Allg.Chem., 101(1), 1-214, 1917)
- [[30712] Barbulescu, N., "Surface Tension of Fluids, ", 1974)
- [[30716] Yajnik, N.A., Sharma, R.K., Bharadwaj, M.C., "The Relation between the Surface Tension and Vapor Pressure of Binary Mixtures, ", 1926)
- [[30691] Van Der Waals, J.D., "Thermodynamische Theorie der Kapillaritaet unter Voraussetzung Stetiger Dichteaenderung, ", 1894)
- [[1111] Dreisbach, R.R., "Physical Properties of Chemical Compounds II, ", 1959)
- [[39] Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed., ", 1970)
- [[2] Washburn, E.W., "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry, and Technology, "; 7 Vols + Index, 1926-1933)
- [[50] Timmermans, J., "Physico-Chemical Constants of Pure Organic Substances, Vol II, "; Supplement to Vol I published in 1950, 1965)
- [[1369] Newman, S., "The Effect of Composition on the Critical Surface Tension of Polyvinyl Butyral, ", 1967)
- [[37227] Vogel A.I., J.Chem.Soc.London, 654-658, 1948)
- [[37222] Arrowsmith G.B., Jeffery G.H., Vogel A.I., J.Chem.Soc.London, 2072-2078, 1965)
- [[135590] Shukla R.K., Kumar A., Srivastava U., Awasthi N., Pandey J.D., J.Solution Chem., 41(7), 1112-1132, 2012)
- [[422] Kirk-Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., ", 1978)

Cicloalcani:

- [[09] <https://it.wikipedia.org/wiki/Cicloalcani>)
- [[163080] Grafe R., Nova Acta Leopoldina, 12(81), 141-194, 1942)
- [[37198] Lam V.T., Benson G.C., Can.J.Chem., 48(24), 3773-3781, 1970)
- [[2590] Godchot, M., Cauquil, G., "Viscosity, Surface Tension and Parachors for Certain Cyclic Hydrocarbons, ", 1931)
- [[2613] Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part III. Cyclopentane, Cyclohexane, Cycloheptane, and Some Derivatives. The Multiplanar Structure of the Methylcyclohexane Ring., ", 1938)

Cicloalcheni:

- [[10] <https://it.wikipedia.org/wiki/Cicloalcheni>)

- ((4856) Huckel, W., Harder, H., "Die Oberflächenspannung Einiger Alicyclischer Kohlenwasserstoffe, ", 1947)
- ((3916) Seyer, W.F., King, E.G., "Systems of Sulfur Dioxide and Hydrogen Derivatives of Benzene, ", 1933)
- ((2590) Godchot, M., Cauquil, G., "Viscosity, Surface Tension and Parachors for Certain Cyclic Hydrocarbons, ", 1931)
- ((2829) Timmermans, M.J., Hennault-Roland, Mme., "Travaux du Bureau International d'Etalons Physico-Chimiques. IX. Exude des Constantes Physiques de Vingt Composés Organiques, ", 1955)
- ((2613) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part III. Cyclopentane, Cyclohexane, Cycloheptane, and Some Derivatives. The Multiplanar Structure of the Methylcyclohexane Ring., ", 1938)
- ((39) Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed., ", 1970)
- ((6593) Mousseron, M., Richaud, R., Granger, R., "Recherches en Serie Alicyclique. Etude des Cyclenes, ", 1946)

Epossidi:

- [[11] <https://it.wikipedia.org/wiki/Epossidi>)
- [[77800] Villares A., Giner B., Artigas H., Lafuente C., Royo F.M., J.Solution Chem., 34(2), 185-198, 2005)
- [[12664] Tommila E., Yrjoevuori R., Suom.Kemistil., 42, 90-93, 1969)
- ((5321) Mukerjee, A.K., "On the Relationship between Fluidity and Surface Tension of Liquids, ", 1953)
- [[2830] Ling T.D., van Winkle M., Ind.Eng.Chem. Chem.Eng.Data Series, 3(1), 88-95, 1958)
- [[40763] Bedov Yu.A., Sergienko S.R., Dokl.Akad.Nauk SSSR, 98(2), 219-222, 1954)
- ((1390), Trioxane, Celanese Chemical Company, Inc., Celanese Product Bulletin)
- [[18757] Maass O., Boomer E.H., J.Am.Chem.Soc., 44, 1709-1730, 1922)
- ((2) Washburn, E.W., "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry, and Technology, "; 7 Vols + Index, 1926-1933)
- ((50) Timmermans, J., "Physico-Chemical Constants of Pure Organic Substances, Vol II, "; Supplement to Vol I published in 1950, 1965)
- ((5875) Ullmann, F., Gerhartz, W., Yamamoto, Y. S., "Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry (5th Ed.), ", 1985)
- [[131778] Mejia A., Segura H., Cartes M., Pérez-Correa J.R., Fluid Phase Equilib., 316, 55-65, 2012)
- [[16671] Baird W.R., Foley R.T., J.Chem.Eng.Data, 17(3), 355-357, 1972)
- [[34010] Ramkumar D.H.S., Kudchadker A.P., J.Chem.Eng.Data, 34(4), 463-465, 1989)
- [[156728] Lomba L., Aznar I., Gascón I., Lafuente C., Giner B., Thermochim.Acta, 617, 54-64, 2015)

[[141697] Geppert-Rybczynska M., Lehmann J.L., Safarov J., Heintz A., J.Chem.Thermodyn., 62, 104-110, 2013)

((3000) TRC, Thermodynamic Tables -Non-Hydrocarbons, Thermodynamics Research Center, The Texas A&M University System, College Station, TX, 1985)

((31289) Mejia, A., Segura, H., Cartes, M., Coutinho, J.A.P., "Vapor-Liquid Equilibrium, Densities, and Interfacial Tensions of the System Hexane + 2,5-Dimethylfuran, ", 2012)

((6965) Arbusov, B.A., Vinogradova, V.S., "Parachors of the Cyclic Esters of Carbonic Sulfurous and Phosphorous Acids, ", 1950)

Esteri:

[[12] <https://en.wikipedia.org/wiki/Ester>)

((5050) Ramkumar, D.H.S., Kudchadker A.P., "Mixture Properties of the Water and gamma-Butyrolactone and Tetrahydrofuran System. 2.", 1989)

((19050) Hennaut-Roland, M., Lek, M., "Methodes et Appareils en Usage au Bureau des Etalons Physico-Chimiques IV. Etude de la tension superficielle d'une serie de corps organiques, ", 1931)

((591) Timmermans, J., Hennaut-Roland, Mdme., "Travaux du Bureau International d'Etalons Physico-Chimiques. IV. Studies of the Physical Constants of Twenty Organic Compounds, ", 1930)

((10219) Vogel, A.I., "83. Physical Properties and Chemical Constitution. Part I. Esters of Normal Dibasic Acids and of Substituted Malonic Acids, ", 1934)

((10176) Aveyard, R., Briscoe, B.J., Chapman, J., "Adhesion at the Alkane/ Water and Ester/Water Interfaces, ", 1972)

((6546) Nevin, C.S., Althouse, P.M., Triebold, H.O., "Surface Tension Determinations of Some Saturated Fat Acid Methyl Esters, ", 1951)

((5672) Fox, H.W., Hare, E.F., Zisman, W.A., "Wetting Properties of Organic Liquids on High Energy Surfaces, ", 1955)

((10222) Nevin, C.S., "Surface-Tension Determinations with a Precision Micro Capillary Rise Apparatus, ", 1956)

((30255) Data donated by Eastman Chemical Company on September 14, 2012, Data measured in Eastman Chemical Company's Design Data Laboratory in 2009., 2012)

((26188) Ellis, C.P., "Ethyl Palmitate. Its Density, Surface Tension, Parachor, and Eotvos-Ramsay-Shields Coefficient., ", 1932)

((28280) Quayle, O.R., Owen, K., Estes, R.R., "A Study of Organic Parachors. I. The Parachors of a Series of Isomeric Esters, ", 1938)

((14897) Livingston, J., Morgan, J.L.R., Chazal, P.M., "The Weight of a Falling Drop and the Laws of Tate, XV. The Drop Weights of Certain Organic Liquids and the Surface Tensions and Capillary Constants Calculated from Them, ", 1913)

- ((14896) Freidlin, G.N., Azeh, V.E., Bushinskii, V.I., "Rastvorimost' Atsetilena v Dimetilovykh Efirakh Dikarbonykh Kislot, ", 1967)
- ((14887) Shibuichi, S., Yamamoto, T., Onda, T., Tsujii, K., "Super Water- and Oil-Repellent Surfaces Resulting from Fractal Structure, ", 1998)
- ((14883) Beck, A.B., Macbeth, A.K., Pennycuik, S.W., "Surface-tension Determinations of Malonic Esters, and the Constitutive Nature of the Parachor, ", 1932)
- ((33) Jasper, J.J., "The Surface Tension of Pure Liquid Compounds, ", 1972)
- ((50) Timmermans, J., "Physico-Chemical Constants of Pure Organic Substances, Vol II, " Supplement to Vol I published in 1950, 1965)
- ((39) Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed., ", 1970)
- ((470) Mumford, S.A., Phillips, J.W.C., "The Physical Properties of Some Aliphatic Compounds, ", 1950)
- ((8)Kirk-Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology, 2nd ed., "; 22 Vols + Suppl, 1966)
- ((29675) Bermudez-Salguero, C., Gracia-Fadrique, J., Amigo, A., "Surface Tension Data of Aqueous Binary Mixtures of Methyl, Ethyl, Propyl, and Butyl Acetates at 298.15 K, ", 2010)
- ((30722) Kremann, R., Meingast, R., "Ueber die Energieaenderungen binaerer Systeme. III. Mitteilung Die Oberflaechenspannungen binaerer Gemische, ", 1914)
- ((30716) Yajnik, N.A., Sharma, R.K., Bharadwaj, M.C., "The Relation between the Surface Tension and Vapor Pressure of Binary Mixtures, ", 1926)
- ((30712) Barbulescu, N., "Surface Tension of Fluids, ", 1974)
- ((30691) Van Der Waals, J.D., "Thermodynamische Theorie der Kapillaritaet unter Voraussetzung Stetiger Dichteaenderung, ", 1894)
- ((30690) Renard, T., Guye, P.A., "Mesures de Tensions Superficielles a L'air Libre, ", 1907)
- ((30684) Wanchoo, R.K., Narayan, J., Raina, G.K., Rattan, V.K., "Excess Properties of (2-propanol + Ethylacetate or Benzene) Binary Liquid Mixture, ", 1989)
- ((30648) Ramsay, W., Shields, J., "The Variation of Molecular Surface-Energy with Temperature, ", 1893)
- ((3553) Buehler, C.A., Gardner, T.W., Clemens, M.L., "Parachor Studies at Various Temperatures, ", 1937)
- ((2608) Hennaut-Roland, M., Lek, M., "Etude de la Tension Superficielle d'une Serie de Corps Organiques, ", 1931)
- [37717] Livingston J., Morgan R., Schwartz F.W., J.Am.Chem.Soc., 33, 1041-1060, 1911)
- [40433] Livingston J., Morgan R., Schwartz F.W., Z.Phys.Chem, 78, 185-207, 1912)
- ((24780) Deng, J., Tan, H., Yang, Y., Zai, S., Ouyang, G., Huang, Z., "Densities and Surface Tensions of Propyl Acetate + Xylenes or + Ethylbenzene from (298.15 to 308.15) K, ", 2007)

- ((27880) Awasthi, A., Tripathi, B.S., Awasthi, A., "Applicability of corresponding-states group-contribution methods for the estimation of surface tension of multicomponent liquid mixtures at 298.15 K, ", 2010)
- ((29467) Yang, Y.-Y., Deng, J.-H., Yang, H.-L., Zheng, X.-H., Che, G.-Q., Huang, Z.-Q., "Densities, surface tensions, and derived surface thermodynamics properties of (trimethylbenzene + propyl acetate, or butyl acetate) from T =298.15 K to 313.15 K, ", 2007)
- ((29675) Bermudez-Salguero, C., Gracia-Fadrique, J., Amigo, A., "Surface Tension Data of Aqueous Binary Mixtures of Methyl, Ethyl, Propyl, and Butyl Acetates at 298.15 K, ", 2010)
- ((30693) Morgan, J.L.R., Griggs, M.A., "The Properties of Mixed Liquids III. The Law of Mixtures I., ", 1917)
- [[31179] Karpushina S.A., Kuznetsov V.V., Khimenko M.T., Trostin V.N., Pro.Prir.Rastv.Termod.Svo.Rastvorov, 23-27, 1989)
- ((19545) Kijevcanin, M.Lj., Ribeiro, I.S.A., Ferreira, A.G.M., Fonseca, I.M.A., "Water + esters + methanol: experimental data, correlation and prediction of surface and interfacial tensions at 303.15 K and atmospheric pressure, ")
- ((2) Washburn, E.W., "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry, and Technology, "; 7 Vols + Index, 1926-1933)
- ((3020) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XIII. Aliphatic Carboxylic Esters, ", 1948)
- ((4391) Gros, A.T., Feuge, R.O., "Surface and Interfacial Tensions, Viscosities, and other Physical Properties of Some n-Aliphatic Acids and their Methyl and Ethyl Esters, ", 1952)
- ((19470) Kijevcanin, M. Lj., Ribeiro, I. S. A., Ferreira, A. G. M., Fonseca, I. M. A., "Densities, Viscosities, and Surface and Interfacial Tensions of the Ternary Mixture Water + Ethyl Butyrate + Methanol at 303.15 K, ", 2003)
- ((6304) Richards, T.W., Coombs, L.B., "The Surface Tensions of Water, Methyl, Ethyl and Isobutyl Alcohols, Ethyl Butyrate, Benzene Toluene, ", 1915)
- ((19030) Santos, B.M.S., Ferreira, A.G.M, Fonseca, I.M.A., "Surface and interfacial tensions of the systems water + n-butyl acetate + methanol and water + n-pentyl acetate + methanol at 303.15K, ", 2003)
- ((26443) Johnson, I., Costa, H.F., Ferreira, A.G.M., Fonseca, I.M.A., "Density, Viscosity, and Surface and Interfacial Tensions of Mixtures of Water + n-Butyl Acetate + 1-Propanol at 303.15 K and Atmospheric Pressure, ", 2008)
- ((27650) Rafati, A.A., Ghasemian, E., J. Chem. Thermodyn., 41, 386-391, 2009)
- ((27896) Rafati, A.A., Ghasemian, E., Houkhani, H., "Surface Tension and Surface Properties of Binary Mixtures of 1,4-Dioxane or N,N-Dimethyl Formamide with n-Alkyl Acetates, ", 2009)
- ((29393) Costa, H.F., Lourenco, H., Johnson, I., Goncalves, F.A.M.M., Ferreira, A.G.M., Fonseca, I.M.A., "Liquid--Liquid Equilibria, Density, Viscosity, and Surface and Interfacial Tension of the System Water", 2009)
- ((6018) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XII. Aliphatic Carboxylic Esters, ", 1948)

- ((3722) Moll, W.L.H., "Dielektrische Untersuchungen über die Einwirkung organischer Lösungsmittel auf hochmolekulare Stoffe, ", 1939)
- ((2275) Timmermans, J., Hennaut-Roland, Mdme., "Travaux Bu bureau International d'Etalons Physico-Chimiques. XI. Etude des Constantes Physiques de Vingt Composes Organiques, ", 1959)
- ((2829) Timmermans, M.J., Hennaut-Roland, Mme., "Travaux du Bureau International d'Etalons Physico-Chimiques. IX. Exude des Constantes Physiques de Vingt Composes Organiques, ", 1955)
- ((8046) Voitkevich, S.A., "Surface Tension and Vapor Pressure of Liquid Organic Compounds. I. Hydrocarbons, Ethers, and Esters, ", 1963)
- ((8093) Okuyama, H., "Über die Wirkung von Ultraschall auf Kolloiderscheinu IX-Mitteilung: Das Verhalten der Flüssigkeiten im Ultraschallfeld in Abhängigkeit ihrer Viskositäten, ", 1943)
- ((22618) Sheu, Y.-W., Tu, C.-H., "Densities, Viscosities, Refractive Indices, and Surface Tensions for 12 Flavor Esters from T) 288.15 K to T) 358.15 K, ", 2005)
- ((23823) Sheu, Y.-W., Tu, C.-H., "Refractive Indices and Surface Tensions of Binary Mixtures of Isoamyl Acetate, Ethyl Caproate, Ethyl Benzoate, Isoamyl Butyrate, Ethyl Phenylacetate, and Ethyl Caprylate with Ethanol at (288.15, 298.15, 308.15, and 318.15), 2006)
- ([131916] Chen K.-D., Lin Y.-F., Tu C.-H., J.Chem.Eng.Data, 57(4), 1118-1127, 2012)
- ((2809) Jaeger, F.M., "Über die Temperaturabhängigkeit der Molekularen Freien Oberflächenenergie von Flüssigkeiten im Temperaturbereich von -80 bis + 1650 C., ", 1917)
- ((26378) Chen, Z., Xia, S., Ma, P., "Measuring Surface Tension of Liquids at High Temperature and Elevated Pressure, ", 2008)
- ((30749) Toropov, A.P., Kabanova, V.M., "Surface Tension of Normal Systems Wherein Components are Very Different in Magnitude of this Property, ", 1961)
- ((4049) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XV. The Phenyl Group, ", 1948)
- ((23352) Caetano, F. J. P., Fareleira, J. M. N. A., Fernandes, A. C., Oliveira, C. M. B. P., Serro, A. P., Simoes de Almeida, I. M., Wakeham, W. A., "Diisodecylphthalate (DIDP)-a potential standard of moderate viscosity", 2006)
- ((24772) Froba, A.P., Leipertz, A., "Viscosity of Diisodecyl Phthalate by Surface Light Scattering (SLS), ", 2007)
- ([41420] Jaeger F.M., Z.Anorg.Allg.Chem., 101(1), 1-214, 1917)
- ((23933) Livingston, J., Morgan, R., Kramer, B.J., "The Weight of a Falling Drop and the Laws of Tate, XVI. The Drop Weights of Certain Organic Liquids and the Surface Tensions and Capillary Constants Calculated From Them., ", 1913)
- ([37307] Korösi G., Kovats E.S., J.Chem.Eng.Data, 26(3), 323-332, 1981)
- ((3572) Svirbely, W.J., Eareckson, W.M., Matsuda, K., Pickard, H.B., Solet, I.S., Tuemmler, W.B., "Physical Properties of Some Organic Insect Repellants, ", 1949)
- ((5803) Negoro, K., Saheki, Y., "Preparation of Tar Acid Derivatives and their Physical Properties, ", 1956)

- ((23851) B. Cross, G. Caflisch, "DDL Response 7879 (Private communications with Jeff Smith), ", 2006)
- ((2163) Timmermans, J., Hennault-Roland, Mdme., "Travaux du Bureau Internationale d'Etalons Physico-Chimiques. XI. Studies of the Constants of Twenty Organic Compounds, ", 1959)
- ((29107) Arbuzov, V.A., adeeva, Z.Z., "Larakhory Ooftalevoi I Tereftalevoi Kislot, ", 1953)
- ((29109) Cross II, E.B., Jessee, S.B., Neal, M.L., Smith, G.J., "REACH-DETERMINATION OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES-DBT, " Received 15 April 2011, 2010)
- ((24783) Tsierkezos, N.G., Molinou, I.E., "Thermodynamic Investigation of Methyl Salicylate/1-Pentanol Binary System in the Temperature Range from 278.15 K to 303.15 K, ", 2007)
- ((23825) Sheu, Y.-W., Tu, C.-H., "Refractive Indices and Surface Tensions of Binary Mixtures of Ethyl Acetoacetate, Ethyl Isovalerate, Methyl Benzoate, Benzyl Acetate, Ethyl Salicylate, and Benzyl Propionate with Ethanol")
- ((5944) Engelhard, H., Shilfarth, H., Kaul, H.G., "Die Oberflächenspannung Aliphatischer Oxysäureester, ", 1949)
- ((3722) Moll, W.L.H., "Dielektrische Untersuchungen über die Einwirkung organischer Lösungsmittel auf hochmolekulare Stoffe, ", 1939)
- ((1571) Weiss, G., "Hazardous Chemicals Data Book, ", 1980)
- ((11342) Lemonds, A.J., McClellan, B.E., "Correlation of Enhancement of Atomic Absorption Sensitivity for Selected Metal Ions with Physical Properties of Organic Solvents, ", 1973)
- ((15484) Schenck, R., Ellenberger, E., "Ueber eine Methode zum Nachweis der Tautomerie an flüssigen Substanzen, ", 1904)
- ((12812) Andrews, D.W.W., Jeffery, G.H., Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part LII. Refractivities, Densities, and Surface Tensions of Some Esters of beta-Alkoxypropionic Acids, ", 1966)
- ((4366) Eastman Chemicals, "Ethyl 3-Ethoxypropionate, " Kingsport TN, 1988)
- ((6114) Badachhape, R.B., Gharpurey, M.K., Biswas, A.B., "Density and Surface Tension of Phenol (Mono-, Di-, and Tri-) Chlorophenols, Salol, and (o- and m-) Chloronitrobenzenes, ", 1965)
- ((31260) Marti, F.B., "Methodes et Appareils en Usage au Bureau des Etalons Physico-Chimiques, III, (1). Recherches sur les propriétés physico-chimiques de quelques combinaisons organiques solides à la température ordinaire, ", 1930)

Eteri, Dieteri:

- [[13] <https://it.wikipedia.org/wiki/Eteri>)
- ((30648) Ramsay, W., Shields, J., "The Variation of Molecular Surface-Energy with Temperature, ", 1893)
- ((50) Timmermans, J., "Physico-Chemical Constants of Pure Organic Substances, Vol II, "; Supplement to Vol I published in 1950), 1965)
- ((4145) Riddick J. B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 4th ed., ", 1986)

((2430) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution Part XII. Ethers and Acetals", 1948)

((4673) Jeffries, T.O., Derrick, M., Musgrave, B., "Surface Tension of Ether and Pentane, ", 1955)

[[40777] Tonomura T., Sci.Rep.Tohoku Univ.Ser.1, 22, 104-130, 1933)

((27968) Bi, S., Zhao, G., Wu, J., "Surface Tension of Diethyl Ether, Diisopropyl Ether, and Dibutyl Ether", 2010)

[[37208] Andreas J.M., Hauser E.A., Tucker W.B., J.Phys.Chem., 42, 1001-1019, 1938)

((39) Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed.", 1970)

((2608) Hennaut-Roland, M., Lek, M., "Etude de la Tension Superficielle d'une Serie de Corps Organiques", 1931)

((1206) Quayle, O.R., "The Parachors of Organic Compounds, ", Chem. Rev., 53, 439, 1953)

[[40750] Fox H.W., Zisman W.A., J.Colloid Sci., 5(6), 514-531, 1950)

((19495) Wu, J., Liu, Z., Wang, F., Ren, C., "Surface Tension of Dimethyl Ether from (213 to 368) K, ", 2003)

((29751) Bi, S., Li, X., Zhao, G., Wu, J., "Surface tension of dimethyl ether + propane from 243 to 333 K, ", Fluid Phase Equilib., 298, 1, 150-153, 2010)

[[37306] Soares V.A.M., De Almeida B.J.V.S., McLure I.A., Higgins R.A., Fluid Phase Equilib., 32(1), 9-16, 1986)

((2) Washburn, E.W., "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry, and Technology, ", 7 Vols + Index, 1926-1933)

((2436) Berthoud, A., Brum, R., "Recherches sur les Proprietes Physiques de Quelques Composes Organiques", J. Chim. Phys., 21, 143, 1924)

((50) Timmermans, J., "Physico-Chemical Constants of Pure Organic Substances, Vol II, "; Supplement to Vol I published in 1950, 1965)

((2755) Ramsay, W., Shields, J., "The Molecular Complexity of Liquids, ", 1089-1109, 1893)

[[37595] Carrara G., Ferrari G., Gazz.Chim.Ital., 36, 419-429, 1906)

((23354) Wang, X., Pan, J., Wu, J., Liu, Z., "Surface Tension of Dimethoxymethane and Methyl tert-Butyl Ether, ", 2006)

((39) Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed., ", 1970)

((4145) Riddick J. B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 4th ed., ", 1986)

((6637) Morgan, J.L., Stone, E.C., "The Weight of a Falling Drop and the Laws of Tate. XII. The Drop Weights of Certain Organic Liquids and the Surface Tensions and Capillary Constants Calculated from them, ", 1913)

((2430) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution Part XII. Ethers and Acetals, ", 1948)

((6632) Voronkov, M.G., "Preparation of Acetaldehyde Acetals from Vinyl Ethyl Ether and Their Physical Properties, ", 1948)

- ((5448) Walden, P., "Ausdehnungsmodulus, Spezifische Kohasion, Oberflachenspannung und Molekulargrosse der Losungsmittel, ", 1909)
- ((22938) Jasper, J. J., "Esters of orthoformic acid", 1972)
- ((2226) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XXIII. Miscellaneous Compounds.", 1948)
- ((2275) Timmermans, J., Hennaut-Roland, Mdme., "Travaux Bu bureau International d'Etalons Physico-Chimiques. XI. Etude des Constantes Physiques de Vingt Composes Organiques, ", 1959)
- ((5899) Hammick, L., Wilmut, H.F., "The Parachors of Ethyl Orthoformate and Triphenylmethane, ", 1935)
- ((3955) Specialty Chem. Products, "Glycol Diethers, ", Specialty Chem. Corporation Marinette WI, 1988)
- ((29626) Zhao, G., Bi, S., Li, X., Wu, J., "Surface tension of diethyl carbonate, 1,2-dimethoxyethane and diethyl adipate, ", 2010)
- ((2085) Glymes: The Grant Family of Glycol Diethers, Grant Chemical Division, Ferro Corporation, 1982)
- ((27813) Yang, Y.-Y., Zhu, Y.-M., Peng, J.-L., Chen, J.-C., Feng, P.-P., Huang, Z.-Q., "Excess thermodynamic functions derived from densities and surface tensions of (p- or o-xylene + ethylene glycol dimethyl ether)", 2009)
- [[56916] Kumar A., Mohandas V.P., Ghosh P.K., J.Chem.Eng.Data, 48(5), 1318-1322, 2003)
- ((412) Gallagher, A.F., Hibbert, H., "Studies on Reactions Relating to Carbohydrates and Polysaccharides. LIV. The Surface Tension Constants of the Polyethylene Glycols and Their Derivatives, ", 1937)
- ((30137) Manchanda, H.K., Singla, M., Khosla, A., Singh, T., Trivedi, T.J., Kumar, A., "Volumetric and Surface Properties of Aqueous Mixtures of Polyethers at T = (298.15, 308.15, and 318.15) K", 2011)
- ((1620) Koroesi, G., Kovats, E., "Density and Surface Tension of 83 Organic Liquids, ", 1981)
- ((3717) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution Part XII. Ethers and Acetals, ", 1948)
- ((5797) Luzkii, A.E., "Molecular Constants and Surface Tensions of Liquids, ", 1955)
- ((30690) Renard, T., Guye, P.A., "Mesures de Tensions Superficielles a L'air Libre, ", 1907)
- ((3887) Walden, P., Swinne, R., "Beitrage, zur Kenntnis der Kapillaritatskonstanten von Flussigen Estern.", 1912)
- ((6660) Morgan, J.L.R., Thomssen, E.G., "The Weight of a Falling Drop and the Laws of Tate. V. The Drop Weights of Fifteen Non-Associated Liquids as Found by the Use of the New Form of Apparatus and the Molecular Weights Calculated for them", 1911)

Acidi Inorganici:

- [[40771] Sabinina L., Terpugow L., Z.Phys.Chem.Abt.A, 173(3), 237-241, 1935)

((30705) Aston, E., Ramsay, W., "XVI. The Molecular Formulae of some Liquids, as determined by their Molecular Surface Energy, ", 1894)

[[97393] Krupatkin I.L., Bratushchak A.N., Viniti, Code 4522-72, 1-10, 1972)

((356) Stern, S.A., Mullhaupt, J.L., Kay, W.B., "The Physiochemical Properties of Pure Nitric Acid, ", Chem. Rev., 60, 185, 1960)

[[148845] Ust`-Kachkintsev V.F., Zavod.Lab., 6(9), 1065-1070, 1937)

((1186) McIntosh, D., Steele, B., "Die Dampfdrucke, Dichtig Keiten, Oberflächenenergien und Zähigkeiten der Reinen Lösungsmittel, ", 1906)

[[88253] Confident.Comp.Res.Rep., 1967-1972)

((1141) Simons, J.H., Bouknight, J.W., "The Density and Surface Tension of Liquid Hydrogen Fluoride, ", 1932)

((398) Matheson Gas Data Book, unabridged ed.; vols., 4, Matheson Company, Inc., 1974)

((1185) The Halogens, Mellor's Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry II, Suppl., 1956)

Chetoni:

[[14] <https://it.wikipedia.org/wiki/Chetoni>)

((2) Washburn, E.W., "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry, and Technology, ", 7 Vols + Index, 1926-1933)

((26) Bretsznajder, S., "Prediction of Transport and Other Physical Properties of Fluids, " International Series of Monographs in Chemical Engineering, 2, 1971)

((422) Kirk-Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., ", 1978)

((9481) Morgan, J.L.R., Scarlett, A.J. Jr., "The Properties of Mixed Liquids. IV. The Law of Mixtures. II., ", 1917)

((28814) Tonomura, T., Chujo, K., "The Surface Tensions of Ethyl Ether, Acetone, Toluene and Methyl Alcohol at Low Temperature, ", 1932)

((25950) Faust, O., "Ueber Oberflächenspannung, ", 1926)

[[31196] Rusanov A.I., Levichev S.A., Tyushin V.Ya., Vestn.Leningr.Univ., 121-127, 1966)

((981) Owen, K., Quayle, O.R., Clegg, W.T., "A Study of Organic Parachors V. Constitutive Variations of the Parachors of a Series of Normal Ketones, ", 1942)

((3858) Cowan, D.M., Jeffery, G.H., Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part V. Alkyl Ketones, ", 1940)

((19484) Ouyang, G., Yang, Y., Lu, S., Huang, Z., Kang, B., "Excess Molar Volumes and Surface Tensions of Xylene with Acetone or 2-Butanone at 298.15 K, ", 2004)

[[12951] Wanchoo R.K., Narayan J., Phys.Chem.Liq., 27, 159-167, 1994)

- ((6259) Kisel, V.A., "Study of the Structure of the Surface of a Liquid by the Method of Reflection of Light, ", 1956)
- ((6260) Krishna, P.M., Venkateswarlu, D., "Modification of Drop Weight Method for Measuring Surface, and Interfacial Tension of Liquids, ", 1958)
- ((30690) Renard, T., Guye, P.A., "Mesures de Tensions Superficielles a L'air Libre", 1907)
- ((12296) Udovenko, V.V., Sichkova, E.V., Toropov, A.P., Zh. Obshch. Khim., 9, 22, 2048, 1939)
- ((9473) Bonnet, J.C., Pike, F.P., "Surface Properties of Nine Liquids", 1972)
- ((39) Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed., ", 1970)
- ((6382) Baglay, K., Gurariy, L.L., Kuleshov, G.G., "Physical Properties of Compounds Used in Vitamin Synthesis, ", 1988)
- ((1571) Weiss, G., "Hazardous Chemicals Data Book, ", 1980)
- ((4145) Riddick, J.A., Bunger, W.B., Sakano, T.K., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 4th ed., ", 1986)
- ((3717) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution Part XII. Ethers and Acetals, ", 1948)
- ((3854) Harkins, W.D., Clark, G.L., Roberts, L.E., "The Orientation of Molecules in Surfaces, Surface Energy, Adsorption, and Surface Catalysis. V. The Adhesional Work between Organic Liquids and Water, ", 1920)
- ((2608) Hennaut-Roland, M., Lek, M., "Etude de la Tension Superficielle d'une Serie de Corps Organiques, ", 1931)
- ((11342) Lemonds, A.J., McClellan, B.E., "Correlation of Enhancement of Atomic Absorption Sensitivity for Selected Metal Ions with Physical Properties of Organic Solvents, ", 1973)
- ((9704) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XI. Ketones, ", 1948)
- ((33) Jasper, J.J., "The Surface Tension of Pure Liquid Compounds, ", 1972)

Nitrili:

- [[15] <https://it.wikipedia.org/wiki/Nitrili>)
- ((2750) Cook, R.P., Robinson, P.L., "Certain Physical Properties of Cyanogen and its Halides, ", 1935)
- ((25288) Coates, J.E., Davies, R.H., "Studies on Hydrogen Cyanide. Part XVIII. Some Physical Properties of Anhydrous Hydrogen Cyanide., ", 1950)
- [[33126] Bredig G., Teichmann L., Z.Elektrochem.Angew.Physik.Chem., 31, 449-454, 1925)
- ((27769) Tsierekzos, N.G., "Application of the Extended langmuir Model for the Determination of Lyophobicity of 1-Propanol in Acetonitrile, ", 2009)
- ((30103) Geppert-Rybczynska, M., Lehmann, J.K., Heintz, A., "Surface Tensions and the Gibbs Excess Surface Concentration of Binary Mixtures", 2011)

((2) Washburn, E.W., "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry, and Technology, ", 7 Vols + Index, 1926-1933)

((2755) Ramsay, W., Shields, J., "The Molecular Complexity of Liquids, ", 1893)

((3703) Vogel, A.I., Cresswell, W.T., Jeffery, G.H., Leicester, J., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XXIV, ", 1952)

((39) Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed., ", 1970)

[[31564] Gubareva A.I., Tatarinova E.S., Tarbeeva N.A., Avrutskii M.M., Oniitechhim, Code 1042 KHP - 86, 1-7, 1986)

[[52945] Tin P., Frate D., de Groh H.C., Int.J.Thermophys., 22(2), 557-568, 2001)

((4145) Riddick J. B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 4th ed., ", 1986)

((5565) Walden, P., "Uber Einige Abnorme Temperaturkoeffizienten der Molekularen Oberflächenenergie von Organischen Stoffe, ", 1910)

((8620) Grzeskowiak, R., Jeffery, G.H., Vogel, A.I., "921. Physical Properties and Chemical Constitution. Part XXXI. Polymethylene Dichlorides, Dibromides, Di-iodides, and Dicyanides, ", 1960)

[[33829] Aguila-Hernandez J., Hernandez I., Trejo A., Int.J.Thermophys., 16(1), 45-52, 1995)

[[40265] Renard T., Guye P.-A., J.Chim.Phys., 5, 81-112, 1907)

((17447) Timmermans, J., "Physico-Chemical Constants of Pure Organic Compounds, Vol I, ", 1950)

[[40431] Livingston J., Chazal P.M., J.Am.Chem.Soc., 35, 1821-1834, 1913)

((3887) Walden, P., Swinne, R., "Beitrag, zur Kenntnis der Kapillaritätskonstanten von Flüssigen Estern., ", 1912)

[[41420] Jaeger F.M., Z.Anorg.Allg.Chem., 101(1), 1-214, 1917)

[[37260] Hennaut-Roland L., Lek M., Bull.Soc.Chim.Belg., 40, 177-188, 1931)

((50) Timmermans, J., "Physico-Chemical Constants of Pure Organic Substances, Vol II, " Supplement to Vol I published in 1950, 1965)

[[40265] Renard T., Guye P.-A., J.Chim.Phys., 5, 81-112, 1907)

((2750) Cook, R.P., Robinson, P.L., "Certain Physical Properties of Cyanogen and its Halides, ", 1935)

((398) Matheson Gas Data Book, "unabridged ed. 4 vols.", Matheson Company, Inc, 1974)

((12358) Jeffery, G.H., Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XVII. Acetylenic Compounds and Cyanides, ", 1948)

((33) Jasper J. , "The Surface Tension of Pure Liquid Compounds, ", 1972)

((5577) Jeffrey, G.H., Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part VIII. Acetylenic Compounds and Cyanides, ", 1948)

((2641) Turner, W.E.S., Merry, E.W., "The Molecular Complexity in the Liquid State of Tervalent Nitrogen Compounds", 1910)

Acidi Organici:

((50) Timmermans, J., "Physico-Chemical Constants of Pure Organic Substances, Vol II, " Supplement to Vol I published in 1950, 1965)

((4436) Khlebnikova, M.V., "Temperature Dependence of the Surface Tension of Some Organic Acids and their Aqueous Solutions, ", 1972)

((39) Riddick, J.A., Bunger, W.B., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 3rd ed., ", 1970)

[39379] Kremann R., Meingast R., Monatsh.Chemie u.verw.Teil.and.Wiss., 35(10), 1323-1364, 1914)

((1572) Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XX. Aliphatic Alcohols and Acids, ", 1948)

((1573) Bolz, R.E., Tune, G.L., "Handbook of Tables for Applied Engineering Science, ", 1970)

((4145) Riddick, J.A., Bunger, W.B., Sakano, T.K., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 4th ed., ", 1986)

((590) Timmermans, J., Hennault-Roland, Mdme., "Travaux du Bureau International d'etalons physico-chimiques. V. Studies of the Physical Constants of Twenty Organic Compounds, ", 1932)

((470) Mumford, S.A., Phillips, J.W.C., "The Physical Properties of Some Aliphatic Compounds, ", 1950)

((4439) Wright, E.M., Akhtar, B.A., "Equilibrium Studies of Soluble Films of Short-Chain Monocarboxylic Fatty Acids at the Organoliquid-Vapor Phase Boundary, ", 1970)

((1642) Prideaux, E.B.R., Coleman, R.N., "Combination of Fatty with Nitrogen Bases. Part I. Piperidine and Lower Fatty Acids: Surface Tensions, Molecular Volumes, and Parachors, ", 1936)

((4391) Gros, A.T., Feuge, R.O., "Surface and Interfacial Tensions, Viscosities, and other Physical Properties of Some n-Aliphatic Acids and their Methyl and Ethyl Esters, ", 1952)

((2915) Harkins, W.A., Cheng, Y.C., "The Orientation of Molecules in Surfaces. VI. Cohesion, Adhesion, Tensile Strength, Tensile Energy, Negative Surface Energy, Interfacial Tension and Molecular Attraction, ", 1921)

((4418) Jones, D.C., Saunders, L., "Absorption of the Aliphatic Acids. Acetic Octanoic, at the Nitromethane-Air Interface, ", 1951)

((4393) Douglas, D.G., Mackay, C.A., "The Surface Tension of Slightly Soluble Fatty Acids, ", 1946)

- ((1641) Hare, E.F., Zisman, W.A., "Autophobic Liquids and the Properties of Their Adsorbed Films, ", 1955)
- ((4392) Wachs, W., Umstatter, H., Reitstotter, J., "Über das Grenzflächenverhalten Homologer Fettsäuren und Paraffine, ", 1949)
- [[39812] Shafrin E.G., Zisman W.A., J.Phys.Chem., 61, 1046-1053, 1957)
- ((2176) Cupples, H.L., "Wetting and Spreading Properties of Aqueous Solutions. Mixtures of Sodium Hydroxide with n-Caproic, n-Caprylic, n-Capric, Lauric, Myristic, and Palmitic Acids, ", 1957)
- ((2175) Hunten, K.W., Maass, O., "Investigation of Surface Tension Constants in an Homologous Series from the Point of View of Surface Orientation, ", 1929)

Polioli:

- [[16] <https://it.wikipedia.org/wiki/Polioli>)
- ((30756) Horibe, A., Fukusako, S., Yamada, M., "Surface Tension of Low-Temperature Aqueous Solutions, " Int. J. Thermophys., 17, 2, 483-493, 1996)
- ((19523) Azizian, S., Hemmati, M., "Surface Tension of Binary Mixtures of Ethanol + Ethylene Glycol from 20 to 50 C, " J. Chem. Eng. Data, 48, 662-663, 2003)
- ((30751) Hoke, B.C. Jr., Chen, J.C., "Binary Aqueous-Organic Surface Tension Temperature Dependence, " J. Chem. Eng. Data, 36, 3, 322-326, 1991)
- ((2755) Ramsay, W., Shields, J., "The Molecular Complexity of Liquids", 1893)
- [[123923] Begum S.K., Clarke R.J., Ahmed M.S., Begum S., Saleh M.A., J.Chem.Eng.Data, 56(2), 303-306, 2011)
- [[64516] Shcherbina A.I., Tenenbaum A.E., Gerfanova N.R., Khim.Khim.Tekhnol., 12, 122-126, 1977)
- ((10814) Lastovkin, G. A., Gaile, A. A., Proskuryakov, V. A., Semenov, L. V., Pul'tsin, M. N., Kanzantseva, L. L., "Investigation of the Physicochemical Properties of the Nitrile of Levulinic Acid as an Extractant for Aromatic Hydrocarbons")
- ((412) Gallagher, A.F., Hibbert, H., "Studies on Reactions Relating to Carbohydrates and Polysaccharides. LIV. The Surface Tension Constants of the Polyethylene Glycols and Their Derivatives", 1937)
- [[137749] Begum S.K., Clarke R.J., Ahmed M.S., Begum S., Saleh M.A., J.Mol.Liq., 177, 11-18, 2013)
- ((465) Curme, G.O.J., "Glycols", Reinhold Publishing Corporation, 1952)
- ((5987) Gallagher, A.F., Hibbert, H., "Studies on Reactions Relating to Carbohydrates and Polysaccharides. XLIX. Molecular Weight, Molar Refraction, Freezing Point and other Properties of the Polyethylene Glycols and their Derivatives")
- ((30970) Fendu, E.M., Oprea, F., "Vapor Pressure, Density, Viscosity, and Surface Tension of Tetrapropylene Glycol", 2013)
- ((2829) Timmermans, M.J., Hennault-Roland, Mme., "Travaux du Bureau International d'Etalons Physico-Chimiques. IX. Exude des Constantes Physiques de Vingt Composés Organiques", 1955)

- [37308] Hoke B.C., Patton E.F., J.Chem.Eng.Data, 37(3), 331-333, 1992)
- [25021] Lee J.-W., Park S.-B., Lee H., J.Chem.Eng.Data, 45(2), 166-168, 2000)
- [150464] Lin Y.-F., Tu C.-H., J.Taiwan Inst.Chem.Eng., 45(5), 2194-2204, 2014)
- ((673) Gallant, R.W., "Physical Properties of Hydrocarbons. XIV. Propylene Glycols and Glycerine, " Hydrocarbon Process., 46, 201, 1967)
- ((411) Organic Chemicals, "The Glycols", Dow Chemical Company, 1973)
- [41420] Jaeger F.M., Z.Anorg.Allg.Chem., 101(1), 1-214, 1917)
- ((944) Physical Properties of Glycerine and Its Solutions, Glycerine Producers Association, 1963)
- ((7) Vargaftik, N.B., "Tables on the Thermophysical Properties of Liquids and Gases, 2nd ed.", 1975)

Solfuri:

- [17] <https://it.wikipedia.org/wiki/Solfuri>)
- [37250] Vogel A.I., Cowan D.M., J.Chem.Soc., 16-24, 1943)
- ((1411) Haines, W.E., Helm, R.V., Bailey, C.W., Ball, J.S., "Purification and Properties of Ten Organic Sulfur Compounds, " J. Phys. Chem., 58, 270, 1954)
- ((3321) Vogel, A.I., Cowan, D.M., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part VII. Alkyl Sulphides, Disulphides, Sulphites, Sulphates, Orthophosphates, " J. Chem. Soc., 16-24, 1943)
- ((2376) Morris, J.C., Lanum, W.J., Helm, R.V., Haines, W.E., Cook, G.L., Ball, J.S., "Purification and Properties of Ten Organic Sulfur Compounds, " J. Chem. Eng. Data, 5, 1, 112, 1960)
- ((2) Washburn, E.W., "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry, and Technology, 7 Vols + Index", 1926-1933)
- ((50) Timmermans, J., "Physico-Chemical Constants of Pure Organic Substances, Vol II", Supplement to Vol I published in 1950, 1965)
- ((2436) Berthoud, A., Brum, R., "Recherches sur les Proprietes Physiques de Quelques Composes Organiques, " J. Chim. Phys., 21, 143, 1924)
- [37595] Carrara G., Ferrari G., Gazz.Chim.Ital., 36, 419-429, 1906)
- ((3694) Haines, W.E., Helm, R.V., Cook, G.L., Ball, J.S., "Purification and Properties of 10 Organic Sulfur Compounds-Second Series, " J. Phys. Chem., 60, 549-555, 1956)
- [41420] Jaeger F.M., Z.Anorg.Allg.Chem., 101(1), 1-214, 1917)
- [161316] Antón V., Artigas H., Lomba L., Giner B., Lafuente C., J.Therm.Anal.Calorim, 125(1), 509-518, 2016)
- ((2275) Timmermans, J., Hennaut-Roland, Mde., "Travaux Bu bureau International d'Etalons Physico-Chimiques. XI. Etude des Constantes Physiques de Vingt Composes Organiques, " J. Chim. Phys., 56, 984, 1959)

((5743) Jeffery, G.H., Parker, R., Vogel, A.I., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XXXII. Thiophen Compounds, " J. Chem. Soc., 570-575, 1961)

([153193] Domanska U., Królikowska M., Walczak K., J.Solution Chem., 43(11), 1929-1946, 2014)

([40714] Obolentsev R.D., Marina N.G., Khim.Seraorg.Soedin.Soderzh.Neftyakh.Nefteprod, 67-75, 1964)

((3729) Mann, F.G., Purdie, D., "The Constitution of Complex Metallic Salts. Part III. The Parachors of Palladium and Mercury in Simple and Complex Compounds, " J. Chem. Soc., 137, 1549-1563, 1935)

((30636) Wohlfarth, C., Wohlfarth, B., Lechner, M.D., "Surface Tension of Pure Liquids and Binary Liquid Mixtures (Landolt-Boernstein Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology), " 16, 4, 1997)

([37963] Tonomura T., Ishihara K., Bull.Chem.Soc.Japan, 9, 439-441, 1934)

((25957) Worley, R.P., "The Surface Tension of Mixtures. Part II. Mixtures of Perfectly Miscible Liquids and the Relation between Their Surface Tensions and Vapour Pressures, " J. Chem. Soc., Trans., 105, 273-282, 1914)

((30708) Luengo, G., Aracil, J., Rubio, R.G., Pena, M.D., "Bulk and Surface Thermodynamic Properties in Mixtures of Small Rigid Molecules: The CCl₄ and CS₂ System, " J. Phys. Chem., 92, 1, 228-234, 1988)

((2478) Dreisbach, R.R., "Physical Properties of Chemical Compounds. III., ", 1961)

((1842) Dreisbach, R.R., "Physical Properties of Chemical Compounds, " Advances in Chemistry Series, 1955)

((15980) Staff of Ind. Eng. Chem., "Physical Properties of Chemical Compounds", American Chemical Society, 1955)

((17936) Vitali, Nardelli; Ann. Chim. 41, 499-501, 1951)

((3815) Vogel, A., "Physical Properties and Chemical Constitution. Part XXI. Aliphatic Thiols, Sulphides and Disulphides, " J. Chem. Soc., 70, 1820, 1948)

((17212) Obolentsev, R. D., Marina, N. G., "Etalonnyye Pryeparaty Organichyeskikh Soyedinyenii Dvukvalyentnoi Syery, " Khim. Seraorg. Soedin., Soderzh. Neftlyakh Nefteprod., 7, 67-75, 1964)

Terpeni:

([18] <https://it.wikipedia.org/wiki/Terpeni>)

((2685) Mitchell, A.D., Smith, C.. "Existence of Racemic Compounds in the Liquid State, " J. Chem. Soc., 103, 1, 489, 1913)

((4145) Riddick, J.A., Bunger, W.B., Sakano, T.K., "Organic Solvents: Physical Properties and Methods of Purification, 4th ed., " Wiley Interscience, 1986)

([40262] Mitchell A.D., Smith C., J.Chem.Soc.London, 103, 489-495, 1913)

((3822) Kurssanov, "Concerning Parachors of Polycyclic Compounds. Communication II., ", 1937)

- ((5175) Ray, S.K., "Parachor and Ring Structures. Part II. The Spatial Configuration of Bridged-ring Compounds, " J. Indian Chem. Soc., 12, 764, 1935)
- ((2685) Mitchell, A.D., Smith, C., "Existence of Racemic Compounds in the Liquid State, " J. Chem. Soc., 103, 1, 489, 1913)
- ((1899) Springer-Verlag, Beilstein's Handbook of Organic Chemistry, Supplementary Series III, 1985)
- ((8896) Popov, G., Kolarov, K., Veltscher, Chr., Manolov, K.R., "Physikalische Charakteristika der Hauptkomponenten von Bulgarischen Atherisch Olen, " Monatsh. Chem., 18, 159, 1977)
- [[37262] Kyte C.T., Jeffery G.H., Vogel A.I., J.Chem.Soc., 4454-4472, 1960)
- [[49533] Roscher T., Thielemann H., Leuna Protocol, 7282, 1971)
- [[60284] Syuzyaev V.I., Berdyev A.A., Kolando N.I., Izv.Akad.Nauk Turkm.SSR, 81-84, 1957)
- ((6695) Livingston, J., Morgan, R., Owen, F.T., "The Weight of a Falling Drop and the Laws of Tate. X. The Drop Weights of Some Further Associated and Non-Associated Liquids, and the Surface Tensions and Capillary Constants Calculated from Them", 1911)
- ((6680) Faizullin, F.F., Trifinov, N.A., "Physicoanalysis of the System Phosphorus Trichloride-benzaldehyde. II. Index of Refraction and Surface Tension", Uch. Zap., 112, 4, 139, 1952)