La mia esperienza scolastica di studente della Scuola Superiore, si è conclusa alla fine degli anni "70.

Rimanevo molto colpito, durante tutto quel lungo periodo, dall'emergere di un concetto didattico per allora nuovo: l'interdisciplinarietà. Ma ne rimanevo colpito negativamente: tutti riuscivano ad enunciarlo, nessuno riusciva però a praticarlo;

Non so sinceramente quali e quanti passi in avanti abbia compiuto il mondo della scuola da allora ad oggi, ma so per certo che questa mia esposizione è resa possibile solo grazie alla pratica interdisciplinare che, per evitare complicazioni e astrusità di pensiero, ho fatta divenire modello della mia forma di pensiero e comunicazione. (1)

Il primo gioco che vi proponte non riguarde quindi la chimica in senso stretto (nel nostro caso i modi chimici per ottenere il freddo & il caldo), ma ha pratica interdisciplinare fra una disciplina scientifica quale la chimica, e una disciplina umanistica quale la letteratura. Introdurremo quindi il principio della REFRIGERAZIONE EVAPORATIVA partendo dalla Divina Commedia.

> "Sotto ciascuna (faccia) uscivan due grand'ali quanto si convenìa a tanto uccello: vele di mar non vid'io mai cotali. Non avean penne, ma di vispistrello era lor modo: e quelle svolazzava sì che tre venti si movean da ello: quindi Cocito tutto s'aggelava. (2)

Sitratta dell'incontro di Dante con Lucifero, che avviene sul lago Cocito. Questo lago dell'Inferno, narra Dante, è mantenuto ghiacciato dai "tre venti" mossi dalle tre coppie d'ali di Spiegare questa metafora de di tre venti che ghiacciano Lucifero.

un lago, come un parto della fantasia di Dante Alighieri, può essere molto superficiale: una lettura anche non approfondita della Divina Commedia è in grado di dimostrare che fantasie gratutte Dante ne aveva poche. Meglio forse pensare ad un fenomeno che egli aveva visto, o di cui aveva sentito parlare.

Ci viene a soccorrere in questa nostra ipotesi un erudito settecentesco, che nella sua opera divulgativa "La chimica per le donne", così riferisce nel capitolo intitolato "Ghiaccio. Sorprendenti fenomeni del medesimo.":

"Nella famosa frotta della Franca-Contea si forma il ghiaccio nel tempo de' calori eccessivi (da intendersi forse "estivi", n.d.r.), e in inverno le acque vi corrono libere." (3)

Dunque, come nel canto dantesco, è il vento a ghiacciare una superficie d'acqua.

In questo non vi sarebbe nulla di strano se si trattasse di un vento gelido, cioè di temperatura inferiore agli 0°C, ma l'erudito è chiaro: il ghiaccio si forma d'estate ("tempo de' calori estivi").

Dunque bisogna ammettere che un vento se non caldo almeno relativamente tiepido (cioè a tempetatura maggiore di 0°C), possa abbassare la temperatura di uno specchio d'acqua più della temperatura propria. E tutto questo contrariamente a quella legge sullo scambio termico la quale dice che due corpi a diversa temperatura (in questo caso l'aria e l'acqua) posti fra loro a contatto, dopo un certo tempo arriveranno ad una situazione di equilibrio termico in cui si troveranno alla stessa temperatura.

trante uno dei facili esperimenti che si possono trarre dalla nostra quotidianità, può intanto dimostrarci che questo è possibile: usciamo dalla doccia in una tiepida giornata di primarera e senza asciugarci affacciamoci alla finestra; ci sarà possibile rimanere soltanto se qualcuno in casa non aprirà un'altra finestra

ponendoci nel mezzo di una corrente d'aria: in questo caso infatti la sensazione di fresco (e sadirittura di freddo) sarà vivacissima. Eppure la temperatura dell'aria ferma è la stessa di quella dell'aria in movimento! Significa dunque che solo l'aria in movimento, cioè il vento, è in grado, a differenza della stessa aria quand'è ferma, di raffreddare.

Spiegare questo fenomeno è semplice, ma per riuscirci è necessario introdurre delle altre grandezze, oltre alle rispettive temperature dell'acqua e dell'aria.

Cominciamo dall'acqua.

Sappiamo dalla chimica-fisica che qualunque liquido tende ad evaporare fin tanto che mi giunge ad una situazione di equilibrio col proprio vapore nell'ambiente circostante. In pratica, nella massap d'aria che sovrasta ogni liquido si trova una data quantità del suo vapore; la concentrazione di tale vapore varia al variare della temperatura del liquido.

Per aumentare o diminuire questa concentrazione di vapore (detta "tensione di vapore", ovvero la pressione esercitata dal vapore di un liquido ad una data temperatura), è sufficiente riscaldare o raffreddare il liquido: tutti sanno che per l'acqua, più alta è la sua temperatura, e maggiore sarà lo sviluppo di vapore (un getto d'acqua calda può appannarci gli occhiali o i vetri, un egual getto di acqua fredda sicuramente no). Ma non tutti osservano il contrario, e cioè che la situazione di equilibrio fra l'acqua e il suo vapore è valida non solo agendo sulla temperatura dell'acqua, ma anche sulla quantità di vapore: togliendo cioè del vapore, la temperatura dellacqua dovrà abbassarsi.

Supponiamo quindi di avere una superficie d'acqua che si trovi a +4°C. A questa temperatura corrisponde una concentrazione di vapore nell'aria, all'equilibrio (saturo), pari a ca. 6,3 g/mc. Sottoponiamo ora questa superficie d'acqua ad un forte vento la cui temperatura sia pari a quella dell'acqua, cioè + 4°C, ma supponiamo

che esso contenga una quantità di vapore acqueo pari soltanto a 4,8 g/mc, inferiore cioè alla tensione di vapore dell'acqua ad esso sottostante.

Dal momento che il vento soffia di continuo, la concentrazione di vapore acqueo nella massa d'aria che sovrasta lo specchio d'acqua dopo un po' sarà la stessa contenuta nel vento, cioè 4,8 g/mc, in quanto il vento ne spazzerà l'eccesso. Ebbene, 4,8 g/mc, è la concentrazione del vapore nell'aria all'equilibrio per il ghiaccio a 0°C. L'acqua quindi, pur essendo lambita da un vento a +4°C, dovrà ghiacciare NON per adeguare la sua temperatura a quella del vento, in omaggio alla note leggi sullo scambio termino, ma per adeguare la sua temperatura ad una nuova condizione di equilibrio (temperatura dell'acqua - concentrazione di vapore nella massa d'aria).

Questo è quel che senz'altro accade sul lago Cocito e con ogni probabilità nella grotta della Franca Contea la quale mi risulta situata in un'area attraversata da Maestrale, vento freddo (ma soprattutto secco quindi con scarsa concentrazione di vapore) che spira in inverno (ma anche in primavera). (4)

"Tensione di vapore" per l'acqua, e "umidità specifica" per le masse d'aria sono quindi le grandezze che vanno considerate, oltre alla temperatura, per capire questo principio denominato "evaporazione refrigerativa". (5)

Diremo per inciso che il maestrale è un vento locale "catabatico". L'altro vento locale Exta catabatico del nostro continente è la bora (6), le cui caratteristiche, se si ricercano nella Divina Commedia, si possono ritrovare nella "bufera infernal"
che flagella Paolo e Francesca (7).

La tecnolo gia sfrutta il principio della refrigerazione evaporativa per esempio nei climi molto secchi, per la costruzione dei condizionatori d'aria: si riesce così ad abbassare la temperatura dell'aria anche di una decina di gradi. (8)

Un altro esempio di sfruttamento tecnologico del principio della refrigerazione evaporativa lo ritroviamo nel confezionamento dei "gelo spray". Si tratta di spray che, spruzzati sulla pelle la raffreddano anche di parecchi gradi sotto zero, mantenendola a tale temperatura per parecchi secondi.

Il gelo spray non è altro che una bompbohetta riempita di un gas che, sotto pressione, diventa liquido, Rramanda Azionando la valvola, la pressione esercitata dalla parte di fluido rimasta gassosa spinge la parte liqui \mathbf{d}_a ad uscire e \mathbf{z} a depositarsi sulla pelle.

Supponiamo per esempio di impiegare l'HFC I34a (1,1,1,2 tetrafluoro etano). La temperatura di ebollizione di questo liquido (alla pressione atmosferica) è pari a ca. -24°C; questo comporta che, una volta posto in un ambiente a temperatura maggiore, il 134a inizia a bollire come fa qualsiasi fluido a contatto con una fonte di calore la cui temperatura sia maggiore della sua temperatura di ebollizione. Sappiamo infatti che quando l'acqua viene a contatto con una fiamma (la temperatura di una fiamma è ca. I.000° più alta della temperatura di ebollizione dell'acqua) l'acqua bolle. Ma sappiamo anche che a causa del KECALORE LATENTE DI EVAPORAZIONE essa si mantiene a IOO°C per tutta la durata della sua evaporazione. Lo stesso avcade al I34a sulla pelle; la sua temperatura, e quella delle pelle sottostante ad esso, si mantengono alla temperatura di ebollizione del liquido (cioè -24°C), fino a quando l'ultima molecola di liquido non è evaporata. Questo comporta il raffreddamento, a -24°C, della superficie con la quale il liquido è a contatto, nel nostro caso la pelle per ristorarla dopo un forte e doloroso colpo preso magari su di un campo da gioco.

Per i gelo spray valgono le seguenti tre considerazioni:

- lavorano grazie ad una fortissima differenza fra la tem-

peratura di ebollizione del liquido impiegato, e la temperatura ambiente (si può tranquillamente parlare di almeno una quarantina di gradi);

±il vapore prodotto dall'evaporazione non è già presente nell'ambiente, circostanza questa che diminuirebbe la differenza fra i due valori della tensione di vapore alle due temperature, come avviene nel caso del vapor d'acqua;

- infine, la tensione di vapore del liquido all'ebollizione sarà comunque pari alla pressione atmosferica, come avviene nel caso dell'acqua a IOO°C.

Da tutto questo si ricava che, in pratica, il vapore non riuscirà mai a saturare l'ambiente, e trobbinà il liquido bollirà gagliardamente mantenendosi sempre alla sua temperatura di ebollizione.

Modi "curiosi di ricavare il freddo ne esistono anche altri. Li enuncio soltanto, rimandando la verifica all'esperienza di laboratorio, e kaxama le spiegazioni allo studio e al ragionamento.

- E' possibile abbassare la x temperatura di un contenitore, di parecchi gradi sotto zero disponendo di solo ghiaccio?

Tritiamo finemente il ghiaccio, aggiungiamovi un sale in grana fine (per esempio il normale sale da cucina), e mescoliamo vigorosamente. Vedremo il termometro portarsi al oltre -IO°C. Si tratta dell'abbassamento crioscopicoche si produce ponendo a contatto un sale con l'acqua allo stato solido. Con l'acqua allo stato liquido il sale da cucina si scioglie, senza un apprezzabile effetto termico. L'utilizzo di questo fenomeno si aveva nella fabbricazione del sorbetto (il gelato è infatti nato ben prima del frigorifero), e si ha nella pratica dello scioglimento del manto ghiacciato falle strade.

- E' possibile abbassare la temperatura dell'acqua senza ricorrere al frigorifero? Mescoliamo l'acqua per esempio con l'urea o il nitrato di ammonio (con un rapporto di ca. l:l), e la temperatura della soluzione calerà immediatamente almeno di una ventina di gradi. Bi tratta di una reazione endotermica sfruttata per il confezionamento dei sacchetti di "ghiaccio istantaneo".

- E' possibile conservare l'acqua liquida a parecchi gradi sotto zero?

Aggiungiamovi 1/3 del suo peso di monoetilenglicole, o di un altro antigelo (un glicole o un alcol bassobollente, per esempio metilico, etilico, exi propilico, isopropilico), e l'acqua gelerà non prima dei -25°C. Se a questa miscela aggiungiamo una piccola quantità di carbossimetilcellulosa (è un gelificante, usato soprattutto come collante per la carta da parati), otterremo un gel che si manterrà morbido fino a -25°C e potrà essere usato al posto della tradizionale borsa di ghiaccio. Il prodotto industriale si chiama "ghiaccio riutilizzabile".

- Bil caldo?

Analògamente a quanto fatto con l'acqua e il nitrato d'ammonio, impieghiamo al posto di quest'ultimo per esempio del solfato di magnesio anidro; otterremo una reazione esotermica capace di innalzare la temperatura dell'acqua oltre 60°C

PIETRO CASETTA Via Domenico Campagnola, 90 35137 PADOVA Tel. 049-8717202

Pietro Casetta, Giugno 1995;

NOTE

1) Fondamentale in questo senso è stata per me la lettura del saggio: Jean Piaget, "Lostrutturalismo", Il Saggiatore, Milano, 1985.

Inoltre ha influito nella mia formazione l'indirizzo della mia laurea in lettere: geografia. La geografia è disciplina interdisciplinare per eccellenza.

Va tenuta anche presente la mia formazione tecnica conclusa col conseguimento del diploma di perito chimico industriale.

- 2) Inferno, 34, vv 46-52.
- 3) Giuseppe Compagni, "La chimica per le donne", Venezia, 1797, 2 voll., vol. II p. 98 (Biblioteca Universitaria di Padova, collocazione: I30.a.228-229).
- 4) Queste caratteristiche del maestrale sono state ricatate da: Vittorio Vialli, "Elementi di Geografia", Patron, Bologna, 1982, p. 304.

Consideriamo infatti la seguente definizione e i seguenti fattori:

Umidità Specifica dell'Aria (Us): rapporto fra il peso del vapor d'acqua espresso in grammi (pV) e il peso dell'aria umida (compreso ciòè il vapor d'acqua) espresso in Kg (cfr.: Strahler, cit., p. 152)

Peso vapor d'acqua (pV) a $+4^{\circ}C = 4,849$ g/mc

Peso aria (pA) a $+4^{\circ}$ C = 1,2743 Kg/mc

Us = Pv / (Pv + Pa)

= 4,849 g/mc: (0,664849 Km/mc + 1,2743 Kg/mc)

= 4.849 g/mc : 1.279149 Kg/mc

= ca. 4,85g/mc : 1,28Kg/mc

= ca. 3.8 g/Kg

Questo valore di 3;8 g/kg si avvicina molto a quello di 4,4 g/kg dell'aria polare marittima a +4°C (definita per altro "umida"), che è pertanto in grado di ghiacciare una superficie d'acqua non per la sua bassa temperatura, ma per la sua scarsa umidità.

Per gli altri dati ciustice riferito alle tabelle raccol-

te da: N.A.Lange, "Manuale di Chimica", UTET-Sansoni Edizioni Scientifiche, Firenze, I970, IO° edizione, in particolare: "Dendità dell'aria a varie temperature" (Rx (p. 1565) e "Peso del vapor d'acqua nell'aria satura" (p. 1566).

- 5) Il richiamo al passo dantesco del lago Cocito per ricordare il principio della refrigerazione evaporativa si deve al prof. Lino Mattarolo (Università di Padova), nel corso della sua prolusione alla Conferenza Internazionale "CFCs the day after" (Padova, 2I-22 Settembre I994).
 - 6) Strahler, cit., p. 145.
 - 7) Infermo, 5, vv. 3I-33:

"La bufera infernal, che mai non resta, mena li spirti con la sua rapina: voltando e percotendo li molesta."

8) Questa informazione la devo ad un colloquio col dott. G. Panozzo, dell'Istituto per la Tecnica del Freddo (C.N.R. Padova).

Questo richiamo è stato da me ripreso ne "Il Gazzettino", Cronaca di Padova, 23/9/I994, "Tornare ai vecchi sistemi".

ponendoci nel mezzo di una corrente d'aria: in questo caso infatti la sensazione di fresco (o addirittura di freddo) sarà vivacissima. Eppure la temperatura dell'aria ferma è la stessa di quella dell'aria in movimento! Significa dunque che solo l'aria in movimento, cioè il vento; è in grado, a differenza della stessa aria quand'è ferma, di raffreddare.

Spiegare questo fenomeno è semplice, ma per riuscirci è necessario introdurre delle altre grandezze, oltre alle rispettive temperature dell'acqua e dell'aria.

Cominciamo dall'acqua.

Sappiamo dalla chimica-fisica che qualunque liquido si trova in una situazione di equilibrio con il proprio vapore. In pratica. ogni liquido ha sopra la sua superficie una data quantità del 540 waria al variare della temperatura del liquido.

Per aumentare o diminuire questa quantità di vapore (detta "tensione di vapore") è sufficiente riscaldare o raffreddare il liquido: tutti sanno che per l'acqua, più alta è la sua temperatura, e maggiore sarà le mpasebra Marmanta vapori (un getto d'acqua calda può appannarci gli occhiali o i vetri, un eguale getto di acqua fredda sicuramente no). Ma non tutti osservano il contrario, e cioè che la situazione di equilibrio fra l'acqua e il suo vapore è valida non solo agendo sulla temperatura dell'acqua, fina anche sulla quantità di vapore: togliendo cioè del vapore, la temperatura dell'acqua dovrà abbassarsi.

Supponiamo quindi di avere una superficie d'acqua che si trovi a +4°C. A questa temperatura corrisponde una tensione di vapore pari a ca. 6,3 g/mc. Sottoponiamo ora questa superficie di acqua ad un forte vento la cui temperatura sia pari a quella dell'acqua, cioè +4°C, ma supponiamo che esso contenga una quantità di vapore acqueo pari soltanto a 4,8 g/mc; inferiore cioè alla tensione di vapore dell'acqua.

Dal momento che il vento soffia di continuo, la quantità di vapore acqueo che sovrasta lo specchio d'acqua dopo un po' sarà la stessa contenuta del vento, cioè 4,8 g/mc, in quanto il vento nespazzerà l'eccesso. Ebbene, 4,8 g/mc, è la tensiane del vapore del ghiaccia a 0°C. L'acqua quindi, pur essendo lambita da un vento a +4°C, dovrà ghiacciare NON per adeguare la sua temperatura a quella del vento in omaggio alle note leggi sullo scambio termico, ma per adeguare la sua temperatura al nuovo valore della tensione di vapore.

Questo è quel che senz'altro accade sul lago Cocitò e con ogni probabilità nella grotta della Franca Conteax la quale è situata in un'area attraversata dal Maestrale, vento freddo (ma soprattutto asciutto quindi con scarsa quantità di vapore) che spira in inverno (ma anchein primavera). (4)

"Tensione di vapore" per l'acqua, e "umidità specifica" per l'aria sono quindi le due grandezze che vanno considerate, oltre alla temperatura, per capire questo principio denominato "evaporazione refrigerativa". (5)

Diremo per inciso che il maestrale è un vento locale catabatico. L'altro vento locale catabatico delle nostre latitudini è la bora (6), le cui caratteristiche, se si ricercano nella Divina Commedia, si ritrovano nella "bufera infernal" che flagella Paolo e Francesca (7).

La tecnologia sfrutta il principio della refrigerazione evaporativa per esempio nei climi molto secchi per la costruzione di condizionatori d'aria: si riesce così ad abbassare la temperatura dell'aria anche di una decina di gradi. (8)

Un altro esempio di sfruttamento tecnologico del principio della refrigerazione evaporativa lo ritroviamo nel confezionamento dei "gelo spray". Si tratta di wam spray che, spruzzati sulla pel-

le la raffreddano anche di parecchi gradi sotto zero, mantenendola a tale temperatura per parecchi secondi.

Il gelo spray non è altro che una bomboletta riempita di un gas che, sotto pressione, diventa liquido. Premendo la valvola, la pressione esercitata dalla parte di fluido rimasta gassosax spinge la parte liquida ad uscire e a depositarsi sulla pelle.

Supponiamo per esempio di impiegare ktht l'HFC I34a (1,1,1,2 tetrafluoro etano). La temperatura di ebollizione di questo liquido è pari a ca.-24°C: questo comporta che, una volta posto in un ambiente a temperatura maggiore, il I34a inizia a bollire come fa qualsiasi fluido a contatto con una fonte di calore di temperatura maggiore della sua temperatura di ebollizione. Sappiamo infatti che quando l'acqua viene a contatto con una fiamma (la temperatura di una fiamma è ca. I000°C più alta della temperatura di ebollizione dell'acqua) l'acqua bolle. Ma sappiamo anche che a causa del CALO-RE LATENTE DI EVAPORAZIONE essa si mantiene a 100°C per tutta la durata della sua evaporazione. Lo stesso accade al I34a sulla pelle: la sua temperatura, e quella della pelle sottostante ad esso, si mantengono alla temperatura di ebollizione del liquido (cioè -24°C), fino a quando l'ultima molecola di liquido non è evaporata. Questo comporta il raffreddamento, a -24°C, della superficie con la quale il liquido è a contatto, nel nostro caso la pelle dopo un forte ex e doloroso colpo preso magari st di un campo di calcio.

Per i gelo spray valgono queste tre considerazioni:

- lavorano grazie ad una fortissima escursione termica fra

Il la temperatura di ebollizione del liquido impiegato, e la temperatura ambiente (si può tranquillamente parlare di almeno una
quarantina di gradi); in queste condizioni la tensione di vapore
del fluido alla sua temperatura di ebollizione è infinitamente più
piccola della sua tensione di vapore alla temperatura dell'ambiante;

⁻ il vapore prodotto dall'evaporazione non è già presente

* sura ma -officentements officerable effetter termics.

nell'ambiente, circostanza questa che diminuirebbe l'escursione fra i due valori della tensione xx di vapore alle due temperature, come avviene nel caso del vapor d'acqua;

superiore alla pressione atmosferica, circostanza che gli consentirà di ottenere le stesse condizioni dell'acqua a IOO°C.

Da tutto questo si ricava che, in pratica, il vapore non riuscirà mai a saturare l'ambiente, e bollirà gagliardamente mantenendosi sempre alla sua temperatura di ebollizione. Esattamente come l'acqua a IOO°C.

Modi "curiosi" di ricavare il freddo ne esistono anche altri. Li enuncio soltanto, rimandando la verifica all'esperienza di laboratorio, la spiegazione allo studio e al ragionamento.

- E' possibile abbassare la temperatura di un contenitore di parecchi gradi sotto lo zero disponendo di solo ghiaccio?

esempio il normale sale fino da cucina), e mescoliamo vigorosamente. Vedremo il termometro portarsi a ca. -I2°C. Si tratta dell'abbassamento crioscopico che si produce ponendo a contatto un sale con l'acqua allo stato solido. Con l'acqua allo stato liquido il sale da cucina si scioglie di stato l'utilizzo di questo fenomeno si aveva nella fabbricazione del sorbetto (il gelato è infatto nato ben prima del frigorifero), è nello sciogliemento artificiale del ghiaccio dalle strade.

- E' possibile abbassare la temperatura dell'acqua senza ricorrere al frigorifero?

Mescoliam dia per esempio con l'urea o il nitrato d'ammonio, e la sua temperatura calerà immediatamente di almeno una ventina di gradi. Si tratta di una "reazione endotermica" sfruttata per il confezionamente dei sacchetti di "ghiaccio istantaneo".

- E' possibile conservare l'acqua liquida a parecchi gradi

sotto zero?

Aggiungiamovi 1/3 del suo peso di mono etilen glicole, o di un altro antigelo (alcoli metilico, etilico, propilico, isopropilico, ecc.), e l'acqua gelerà non prima dei æ -25°C. Se a questa miscela aggiungiamo della carbossi metil cellulosa (è un gelificante principale ingrediente della colla da manifesti), otterremo un gel che si manterrà morbido fino a -25°C e potrà essere usato al posto della borsa da ghiaccio; Il prodotto industriale si chiama "ghiaccio riutilizzabile".

- E il caldo?

Analogamente a quanto fatto con l'acqua e il nitrato d'ammonio, sostituiamo quest'ultimo per esempio col solfato di magnesio anidro; otterremo una "reazione esotermica" capace di innalzare la temperatura dell'acqua di oltre 60°C.

PIETRO CASETTA Via Domenico Campagnela, 90 35137 PADOVA Tel. 049-8717202



NOTE

Fondamentale in questo senso è stata per me la lettura del saggio: Jean Piaget, "Lo strutturalismo", Il Saggiatore, Milano, 1985. Inoltre ha influito l'indirizzo, geografico, della mia laurea in lettere. La geografia è disciplina interdisciplinare per eccellenza.

Va tenuta anche presente la mia formazione tecnica conclusa col conseguimento del diploma di perito chimico.

- 2) Inferno, 34 vv. 46-52.
- 3) Giuseppe Compagni "La chimica per le donne", Venezia, 1797, 2 voll. (Biblioteca Universitaria di Padova, collocazione: 130.228-229), vol II p. 98.
 - 4) Queste caratteristiche del maestrale sono state micava-

te da: Vittorio Vialli, "Elementi di Geografia", Primari Bologna, 1982, p. 304

L'esempio è stato redatto sulla base dei dati igrotermici forniti per alcune masse d'aria da: Arthur N. Strahler, "Geografia fisica", Piccin, Padova, 1984, p. 173.

Se consideriamo infatti questi fattori:

peso vapore acqueo a +4°C = **T274x3** g/mc 4,849

peso aria a +4°C = **4x249** g/mc I274,3

l'Umidità Specifica (Us) dell'aria sarà:

Us = peso vap. ac. / (peso vap. ac. + peso aria) = 4,849/(4,849+1274,3) = 3,9 g/Kg ? (untrollere)

Questo valore di avvicina molto a quello di 4,4 g/Kg dell'aria polare marittima a +4°C (definita per altro "umida"), che è pertanto in grado di ghiacciare una superficie d(acqua non a causa della sua bassa temperatura.

Per gli altri dati ci si è riferiti alle tabelle raccolte da: N.A.Lange, "Manuale di chimica", UTET-Sansoni edizioni scientifiche, Firenze, 1970, 10° edizione, in particolare p. 1566, 6

- 6) Strahler, cit. p. I45
- 7) Inferno, 5, vv. 3I-33:

 "La bufera infernal, che mai non resta,

 mena li spirti con la sua rapina:

 voltando e percotendo li molesta."
- 5) Il richiamo al passo dantesco del lago Cocito per ricordare il principio della refrigerazione evaporativa si deve al prof. Lino Mattarolo, dell'Università di Padova, nel corso della sua prolusione alla conferenza internazionale "CFCs the day after", Padova, 2I-22 Settembre 1994.

Questo richiamo è stato da me ripreso ne "Il Gazzettino" Cronaca di Padova, del 23/9/94 "Tornare ai vecchi sistemi".

8) Questa informazione si deve ad un mon colloquio col dott. G. Panozzo dell'Istituto per la Tecnica del Freddo del CNR. (Padova).

[rufto]