

طبقه‌بندی آبها

تهیه و تنظیم از :

مهندس مرتضی حسینیان

مهندس سازمان آب منطقه‌ای تهران

پیش‌گفتار :

قبل از بررسی طبقه‌بندی آبها از نظر کشاورزی - شرب و صنعت ، گزارشی از نتایج آزمایش شیمیائی آن باید تنظیم گردد. این گزارش بدو منظور تهیه میشود :

اولاً - بمنظور رسیدگی به صحت آزمایشهای انجام شده. (کنترل کار آزمایشگاه یا آزمایش کننده).

ثانیاً - تعیین اثر انحلال گازهای مثل گاز کربنیک و ئیدرژن سولفور و غیره در آب.

باید توجه داشت که گزارش آزمایشگاه از هر نظر باید کامل باشد و بتواند جواب آورنده نمونه را از جهت مصرفی که وی برای آب در نظر گرفته بدهد. در استانداردهای آمریکائی نتیجه آزمایش آب را از نظر املاح محلول بحسب در میلیون یا P.P.M. که مخفف Part per Million است بیان میکنند. این واحد برابر میلی گرم در لیتر است (مگر در مواردی که وزن مخصوص آب بعلت غلظت املاح محلولش زیاد باشد) با بیان این واحد نمیتوان از صحت کار آزمایشگاه واقف شد و بهتر است بجای P.P.M. از واحد دیگری با سم میلی اکی والان در لیتر استفاده نمود. اگر در آزمایش آبی دقت کافی مبذول شده باشد باید مجموع آنیونهای محلول آن با مجموع کاتیونهای محلولش از نظر میلی اکی والان مساوی باشند. تنها در صورتیکه مقادیر گازهای محلول آب زیاد باشد این تساوی بهم خواهد خورد ولی غلظت کم گازها اثر چندانی در این مورد ندارد. بطور کلی نتیجه آزمایش وقتی مورد قبول است که اختلاف مجموع آنیونها و کاتیونها بحسب میلی اکی والان از ۰.۵٪ تجاوز ننماید. با اختیار این واحد طبقه‌بندی آبها آسانتر میشود از طرفی در مطالعه آبهای یک منطقه مقایسه نتایج آزمایش نمونه‌هایی که از نقاط مختلف آن منطقه گرفته شده امکان پذیر نیست مگر اینکه نمونه‌های مزبور را با سیستم صحیحی طبقه‌بندی کرده و مطالعه را روی طبقه‌بندی آنها انجام دهیم.

طبقه‌بندی آبها بچند صورت امکان پذیر است :

- ۱- از نظر منشأ و خواص ظاهری آن (طعم و بو و رنگ) مثل آبهای شیرین و شور و آبهای معدنی.
 - ۲- از نظر نوع مصرف مثل کشاورزی - شرب و صنعت.
 - ۳- درباره آبهای ویژه مانند آبهای معدنی مبنای طبقه بندی آنها املاحی است که بمقدار بیش از دیگران در آن حل شده است یا خاصیت درمانی آنها به آن ملح مربوط است.
 - ۴- ممکن است بعضی از مشخصات فیزیکی یا شیمیائی آب مبنای طبقه بندی باشد مثل pH که آبها را از نظر آن به ۳ دسته - اسیدی - قلیائی و خنثی تقسیم نموده اند یا آبهای کشاورزی که غلظت یون سدیم و هدایت الکتریکی در طبقه بندی آنها بکار میرود.
- بطور کلی رده بندی آب کمک مهمی بر شناسائی به منشأ آن میکند.
- حتی میتوان با مطالعه طبقه بندی بخصوصیت درمانی برخی از آبها پی برد و یا با دانستن طبقه و نوع آب نسبت به تصفیه و آماده نمودن آن اقدام نمود.

طبقه بندی آبها

انف - طبقه بندی آبها از نظر کشاورزی و آبیاری

این رده بندی از روی اثر مواد معدنی آب در زمین و گیاه میباشد. املاح محلول آب ممکن است از نظر فیزیکی و شیمیائی آسیب هائی به رشد گیاه وارد آورد. از نظر فیزیکی به سبب کاهش کشش سطحی آب در داخل آوندهای چوبی و نیز بخاطر خاصیت اسمزی و از نظر شیمیائی بعلا فعالیتهای متابولیکی حاصل از مواد سمی همچنین املاح محلول آب باعث تغییراتی در ساختمان خاک - نفوذ پذیری و تهویه آن شده و غیر مستقیم در رشد گیاهان اثر دارد و بواسطه تغییرات زیادی که در املاح مورد لزوم گیاهان دیده میشود. داشتن معیار مخصوصی از غلظت املاح برای آبهای کشاورزی غیر ممکن است. نوع خاک - شرایط جوی و نوع آبیاری در نحوه اثر نمکهای محلول آب روی گیاهان اهمیت بسزائی دارد و قضاوت از روی مقایسه محصول در زمینی که نسبت به املاح فقیر است با زمینی که از املاح غنی است میباشد متتهی هر دو زمین باید تحت شرایط واحدی باشند. عامل مهم دیگری که در رشد محصولات کشاورزی و خواص آب مؤثر است سیستم زه کشی صحیح زمینهای کشاورزی است. اگر زمینی خوب زه کشی نشده باشد حتی با مصرف آبهای مناسب نتایج رضایتبخشی از نظر محصولات کشاورزی بدست نخواهد آمد از طرفی برای متعادل کردن املاح موجود در خاک یک سیستم زه کشی در زمینهای کشاورزی ضروری است.

مهمترین عواملی که در طبقه بندی آبهای کشاورزی اهمیت دارند عبارتند از:

- ۱- هدایت الکتریکی که معرف غلظت املاح محلول آب میباشد. (واحد هدایت الکتریکی میکرومتر سانتیمتر میباشد).
- ۲- درصد غلظت یون سدیم یا ضریب جذب سدیم.
- ۳- وجود عناصری مثل بُر که اگر مقدارش از حدی تجاوز نماید باعث مسمومیت خاک میشود.

باداشتن مقادیر سدیم - پتاسیم - کلسیم و منیزیم بحسب میلی گرم درلیتر درصد غلظت یون سدیم از رابطه زیر بدست می آید :

$$\%Na = \frac{(K + Na) 100}{Na + K + Ca + Mg}$$

طبق پیشنهاد Wilcox برای طبقه بندی آنها با استفاده از درصد غلظت یون سدیم و هدایت الکتریکی میتوان از جدول زیر استفاده نمود :

تذکر این نکته ضروری است که مقادیر جدول Wilcox توسط خود او بصورت دیا گرام جالب، توجهی درآمده است. در زیر ابتدا بجدول Wilcox و سپس بمنحنی (دیا گرام) ش ۱ مربوطه اشاره میشود :

بر به میلی گرم درلیتر :

مقاوم	نیمه حساس	محصولات حساس	هدایت الکتریکی	درصد سدیم	نوع آب
< 1	< 0/67	< 0/33	< 250	< 20	عالی (۱)
1-2	0/67-1/33	0/33-0/67	250-750	20-40	خوب (۲)
2-3	1/33-2	0/67-1	750-2000	40-60	قابل قبول (۳)
3-3/70	2-2/0	1-1/20	2000-3000	60-80	مشکوک (۴)
> 3/70	> 2/0	> 1/20	> 3000	> 80	نامناسب (۵)

اگر واحد اندازه گیری میلی اکی والان باشد مبنای طبقه بندی بجای درصد سدیم مقدار سدیم جذب شده خواهد بود که به اختصار به SAR نمایش داده میشود و از فرمول زیر میتوان آن را بدست آورد :

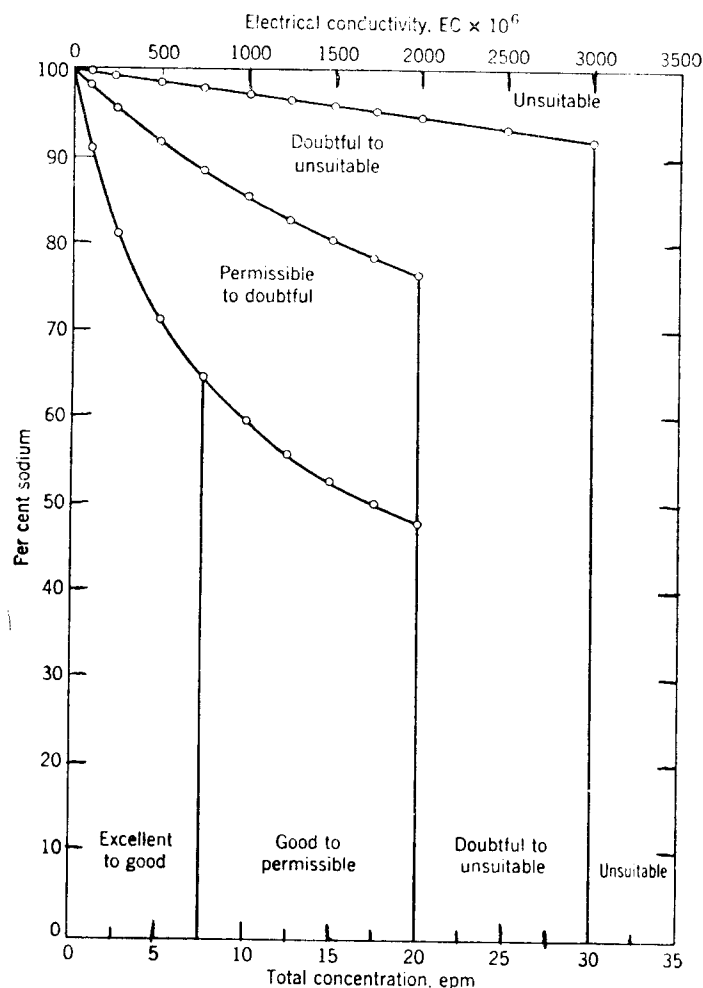
$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}}$$

در این رابطه r علامت میلی اکی والان میباشد.

با در نظر گرفتن مقدار SAR جدول Wilcox که با همکاری Thorn تهیه شده از جهت نوع آب بقرار زیر خواهد بود :

نوع آب	مقدار SAR
عالی (Excellent)	< 10
خوب (Good)	10-18
متوسط (Fair)	18-26
فقیر (Poor)	> 26

در صورتیکه مقدار هدایت الکتریکی و مقدار SAR در دست باشد نمودار زیر در طبقه بندی آنها میتواند مورد استفاده قرار گیرد : ش ۲



(ش ۱)

همانطور که در نمودار دیده میشود آبها از نظر هدایت الکتریکی به گروه‌های زیر تقسیم شده‌اند :

گروه C_۱ با هدایت الکتریکی کمتر از ۲۵۰ میکروموسانتیومتر.

گروه C_۲ با هدایت الکتریکی بین ۲۵۰-۷۵۰ میکروموسانتیومتر.

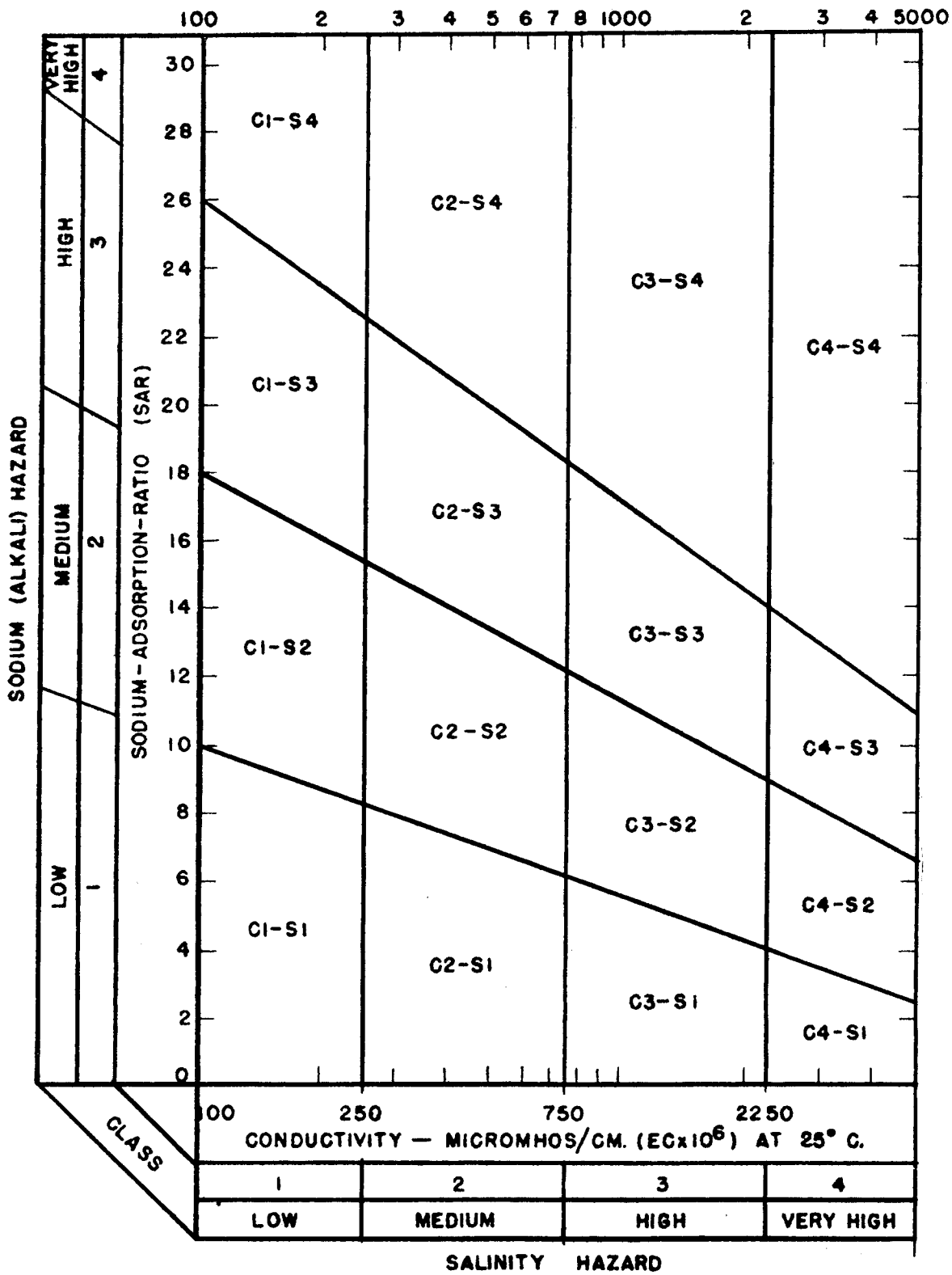
گروه C_۳ با هدایت الکتریکی بین ۷۵۰-۲۲۵۰ میکروموسانتیومتر.

گروه C_۴ با هدایت الکتریکی بیش از ۲۲۵۰ میکروموسانتیومتر.

وازنظر مقدار SAR نوع عالی در گروه S_۱ و نوع خوب در گروه S_۲ و نوع متوسط در گروه S_۳ و بالاخره نوع فقیر در گروه S_۴ قرار دارند.

برای استفاده از منحنی Wilcox و Thorn کافی است مقدار هدایت الکتریکی را که بحسب میکروموسانتیومتر اندازه‌گیری شده از محور افقی و نسبت سدیم جذب شده (SAR) را از محور عمودی تعیین و با وصل کردن این دو نقطه میتوان نوع آب را همانطور که در منحنی مشخص شده است تعیین نمود.

باید تذکر داد که ارتباط مستقیمی بین گروه‌های طبقه‌بندی شده برحسب هدایت الکتریکی و گروه‌های SAR وجود ندارد.



دیاگرام طبقه‌بندی آب درآبیاری
(ش ۲)

ب - طبقه‌بندی آبهای آشامیدنی و آماده نمودن آنها برای مصارف صنعتی :

این طبقه‌بندی بنا بر پیشنهاد T.W. Phillips انجام گرفته و در آن آبها را به ۱۰ طبقه تقسیم نموده‌اند اساس طبقه‌بندی با استفاده از چهار مشخصه آب (کلسیم ، سولفات ، سیلیس و اکسیژن محلول) انجام شده است در این گروه‌بندی علاوه بر رده‌بندی آبها از نظر شرب موادیکه باید بآنها اضافه شود تا برای مصارف صنعتی آماده گردد ذکر شده است ، همچنین با استفاده از مشخصات داده شده میتوان در خواص آب نیز قضاوت نمود گروههای ۱۰ گانه پیشنهادی Phillips را در جدول زیر خلاصه میکنیم :

۱- اگر سیلیس بمقدار بیش از ۱۰ گرم در لیتر باشد خوردگی به نسبت سیلیس موجود کاهش مییابد .
۲- غلظتهای بیش از ۱۰۰ میلیگرم در لیتر کلرور آب را بشدت خوردنده ساخته و خوردگی آن ازمقناری که در طبقه‌بندی پیش بینی شده تجاوز میکند . حضور ۱۰ میلیگرم در لیتر گاز کربنیک آزاد سرعت خوردگی را زیاد مینماید و اگرمقدار گاز کربنیک بیش از ۲۰ میلیگرم در لیتر باشد علامت این است که آبی که خوردنده نبوده به آب خوردنده تبدیل شده است .

۳- وقتی آهن در آب موجود باشد مصرف پلی فسفاتها بمنظور تصفیه صنعتی آن بمیزان ۱ میلیگرم در لیتر برای هر ۱ میلیگرم آهن افزوده میشود .

دیگر از طبقه‌بندی‌های مهم رده‌بندی Souline است . سنای این گروه‌بندی میلی اکی والان یونهای

کلور - سولفات - سدیم و منیزیم میباشد . در این طبقه‌بندی ۴ گروه زیر مشخص شده است :

اگر در آبی $r \frac{Na-Cl}{SO_4} < 1$ باشد آن آب جزو گروه سولفات سدیم دار است .

اگر در آبی $r \frac{Na-Cl}{SO_4} > 1$ باشد آن آب جزو گروه بیکربنات سدیم دار است .

اگر در آبی $r \frac{Cl-Na}{Mg} < 1$ باشد آن آب جزو گروه کلور منیزیم دار است .

اگر در آبی $r \frac{Cl-Na}{Mg} > 1$ باشد آن آب جزو گروه کلور کلسیم دار است .

r نماینده میلی اکی والان عناصر فوق است .

بامطالعه مطالب فوق چنین نتیجه میشود که ۳ گروه آبهای سولفات - کلور - ئیدروکربناته قابل

پیش بینی است .

برای تکمیل طبقه‌بندی فوق بد نیست بجدول زیرش ۳ که مصرف آب را در صنایع مختلف بیان کرده و در

آن حد مشخص کاتیونها و آنیونهای محلول آب ذکر شده است توجه کنیم .

نوع	کلسیم mg/۱ Ca	سولفات mg/۱ SO _۴	سیلیس mg/۱ SiO _۲	اکسیژن محلول mg/۱O _۲	خواص آب	مواد لازم برای تصفیه صنعتی
۱A	۰-۱۸	—	۰-۱۵	۱-۱۰	در گرما و سرما شدیداً خورنده است.	دره طبقه مقابل از مواد زیر میتوان استفاده نمود:
۱B	۰-۱۸	۰-۲۵	۰-۱۵	۰-۱	در گرما و سرما و بمقدار کم ولی با داشتن ۸ میلی گرم در لیتر گاز کربنیک شدیداً خورنده میباشد.	۱- پلی فسفات به میزان ۱۰-۴ میلی گرم در لیتر. ۲- آهک تا pH حدود ۸/۵ همراه با ۱۰ میلی گرم در لیتر سیلیس ۳- فسفات تری سدیک
۱C	۰-۱۸	۰-۶۰	تقریباً ۱۵	۱-۵	در سرما و گرم خورندگی آن قابل ملاحظه است افزایش سیلیس در خورندگی آن بی اثر است.	بمقدار ۱۰-۸ میلی گرم در لیتر. ۴- فسفات دی سدیک به میزان ۸-۵ میلی گرم در لیتر همراه کربنات
۲A	۱۸-۳۵	بیشتر از کلسیم ولی از ۲۵ کمتر نیست	۰-۱۵	۰-۱۰	در گرما شدیداً خورنده است و تشکیل رسوب میدهد ولی در سرما خورنده نیست.	سدیم برای تنظیم pH ۵- آهک تنها بر اساس اندکس لائزیه.
۲B	۱۸-۳۵	۰-۲۵	۰-۱۵	۰-۱۰	کم و بیش در گرما خورنده بوده و ممکن است ایجاد رسوب نماید.	۴-۲ میلی گرم در لیتر پلی فسفات
۲C	۱۸-۳۰	کمتر از کلسیم	تقریباً ۱۵	۱-۸	خورنده بودنش بعید است ولی ممکن است رسوب تشکیل دهد	
۲D	۱۸-۳۵	کمتر از کلسیم	—	۰-۱	خورنده بودنش بعید است ولی ممکن است رسوب تشکیل دهد.	اگر تشکیل رسوب دهد ۴-۲ میلی گرم در لیتر پلی فسفات

نوع	کلسیم mg/l Ca	سولفات mg/l SO ₄	سیلیس mg/l SiO ₂	اکسیژن محلول mg/l O ₂	خواص آب	مواد لازم برای تصفیه صنعتی
۲A	۳۵-۷۵	کمتر از ۱۰۵ برابر کلسیم	۰-۱۵	۱-۱۰	در گرما بالنسبه خورنده بوده و تشکیل رسوب میدهد ولی در سرما خورنده نیست	۲-۴ میلی گرم در لیتر پلی پلی فسفات همراه ۸ میلی گرم در لیتر سیلیس .
۲B	۳۵-۷۵	بیشتر از ۱۰۵ برابر کلسیم	۰-۱۵	۱-۱۰	بطور قابل ملاحظه ای در گرما خورنده بوده و رسوب ایجاد مینماید .	۲-۴ میلی گرم در لیتر پلی فسفات همراه ۸ میلی گرم در لیتر سیلیس
۲C	۳۵-۷۵	کمتر از ۱۰۵ برابر کلسیم	بیش از ۱۵	۱-۱۰	بطور قابل ملاحظه ای رسوب تولید کرده و در گرما خورنده است .	۲-۴ میلی گرم در لیتر پلی فسفات
۲D	۳۵-۷۵	-	-	۰-۱	بطور جدی تشکیل رسوب داده ولی خورنده نیست	۲-۴ میلی گرم در لیتر پلی فسفات
۲E	۳۵-۷۵	بین ۳ تا ۱۰۵ برابر کلسیم	بیش از ۳۰	۱-۱۰	تشکیل رسوب میدهد ولی خوردگی آن بعید است	۲-۴ میلی گرم در لیتر پلی فسفات
۴A	بیش از ۷۵	کمتر از ۲ برابر کلسیم	۰-۳۰	۱-۱۰	بقدر زیاد رسوب تشکیل میدهد	۲-۴ میلی گرم در لیتر پلی فسفات
۴B	بیش از ۷۵	کمتر از ۲ برابر کلسیم	۰-۳۰	۱-۱۰	رسوب زیادی ایجاد کرده و در گرما بقلزات ۲ ظرفیتی شدید اثر کرده و در سرما هم خوردگی قابل توجهی دارد .	۲-۴ میلی گرم پلی فسفات همراه ۸ میلی گرم در لیتر سیلیس
۴C	بیش از ۷۵	کمتر از ۳ برابر کلسیم	۳۰	۱-۱۰	رسوب زیادی تشکیل میدهد	۲-۴ میلی گرم در لیتر پلی فسفات

TABLE 7.5 Suggested Water Quality Tolerances for Industrial Uses *

(Allowable limits in ppm)

Industry or Use	Turbidity	Color	Odor and Taste	Iron as Fe †	Manganese as Mn	Total Solids	Hardness as CaCO ₃	Alkalinity as CaCO ₃	Hydrogen Sulfide	Health	pH	Other Requirements
Conditioning	...	...	Low	0.5	0.5	...	...	...	1.0	...	...	No corrosiveness or slime formation
Drinking	10	10	Low	0.2	0.2	...	...	...	0.2	Potable	...	
Water for Feed												
Pressure 0-150 psi	20	80	...	...	...	3000-500	80	...	5	...	8.0 ‡	No corrosiveness or scale formation †
Pressure 150-250 psi	10	40	...	...	...	2500-500	40	...	3	...	8.4 ‡	No corrosiveness or scale formation †
Pressure 250-400 psi	5	5	...	...	...	1500-100	10	...	0	...	9.0 ‡	No corrosiveness or scale formation †
Pressure >400 psi	1	2	...	...	...	50	2	...	0	...	9.6 ‡	No corrosiveness or scale formation †
Brewing and Distilling												
Light beer, gin	10	...	Low	0.1	0.1	500	...	75	0.2	Potable	6.5-7.0	NaCl 275
Dark beer, whiskey	10	...	Low	0.1	0.1	1000	...	150	0.2	Potable	7.0 ‡	NaCl 275
Canning												
Legumes	10	...	Low	0.2	0.2	...	25-75	...	1.0	Potable	...	
General	10	...	Low	0.2	0.2	...	...	...	1.0	Potable	...	
Carbonated Beverages	2	10	Low	0.2	0.2	850	250	50-100	0.2	Potable	...	Organic matter infinitesimal; oxygen consumed 1.5 ‖
Confectionery	...	...	Low	0.2	0.2	100	...	...	0.2	Potable	7.0	
Dyeing	50	...	...	0.5	0.5	...	50	...	5	...	...	No corrosiveness or slime formation
Food, general	10	...	Low	0.2	0.2	...	...	...	...	Potable	...	
	5	5	Low	0.2	0.2	1300	...	...	...	Potable	...	SiO ₂ 10
Finishing	...	...	...	0.2	0.2	...	50	...	...	...	...
Plastics, clear	2	2	...	0.02	0.02	200	...	...	...	...	...
Paper and Pulp												
Ground wood	50	20	...	1.0	0.5	...	180	...	...	...	...	No grit or corrosiveness
Craft pulp	25	15	...	0.2	0.1	300	100	...	...	...	...
Soda and sulphite pulp	15	10	...	0.1	0.05	200	100	...	...	...	...
High-grade light papers	5	5	...	0.1	0.05	200	50	...	...	...	...	No slime formation
Iron (Viscose) pulp production	5	5	...	0.05	0.03	100	8	50	...	...	...	OH 8, Al ₂ O ₃ 8, SiO ₂ 25, Cu 5
Manufacture	0.3	...	...	0.0	0.0	...	55	...	...	...	7.8-8.3	
Chemical Manufacture ‖	...	...	...	...	...	...	50	...	...	...	6.8-7.0	Temperature 75° F, Cl 175, suspended matter 25, minimum organic content and corrosiveness
Textile Manufacture ‖	...	...	...	0.1	...	...	...	...	...	...	...	Ca 20, Mg 10, SO ₄ 20, Cl 20, HCO ₃ 100
Synthetic Rubber ‖	...	...	...	...	...	...	50	...	...	...	...	Oxygen consumed 3.0, minimum organic content and corrosiveness
Finishing	20	10-100	...	0.2	0.2	...	50-135	135	...	...	...	OH 8
Textiles												
General	5	20	...	0.25	0.25	...	...	...	...	...	...
Dyeing	5	5-20	...	0.25	0.25	200	...	...	...	...	...	Constant composition; residual alumina <0.5

Data from Reference 4 unless otherwise specified.

† Limit applies to both iron alone and the sum of iron and manganese.

‡ Minimum value.

‖ Other limits stated for oxygen consumed, dissolved oxygen, Na₂SO₄/Na₂CO₃ ratio, Al₂O₃, SiO₂, HCO₃, CO₂, and OH.

Data from Reference 12.

تعبیر جدیدی از نسبیت

نتیجه‌ی تجربه‌ی مایکل سن صفر خواهد بود (پیوست شماره‌ی ۱). بنابراین تعیین سرعت مداری‌ی زمین بر اساس تجربه‌ی مایکل سن محال است.

۵- ثبات c و تجربه‌ی فیزو - اگر طبق بند ۴ بالا نتیجه‌ی منفی‌ی تجربه‌ی مایکل سن طبیعی است و زمان رفت و برگشت نور از کلبه‌ی بازوها ← تا آنجا که مربوط به حرکت مداری‌ی زمین میشود → یکسان است و میتوان c را ثابت فرض نمود، در تجربه‌ی فیزو بعلمت تغییر سرعت نور در محیط سیال متحرک، جمع زمان رفت و برگشت نور در بازوی تجربی همان اندازه نبوده و افزایش می‌یابد و این تجربه، فرضی بودن ثبات سرعت c نسبت به محورهای گالیله‌ای را ثابت کرده و عملاً نشان میدهد. توضیح آنکه طبق فرمول فرنل که برای توجیه نتیجه‌ی تجربه‌ی فیزو از راه استدلال بدست آمده است، سرعت نور در محیط سیال متحرک بجای $w \pm v$ مساوی $w \pm v \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$ میباشد و طبق آن فرمول مدت رفت و برگشت نور از $\frac{2l}{w}$ بزرگتر است.

۶- علت احتمالی منفی نبودن نتیجه‌ی تجربه‌ی مایکل سن - تجربه‌ی مایکل سن در تاریخ‌های مختلف و در نقطه‌های متفاوت جهان توسط آزمایشگران ماهری تکرار شده است و هیچوقت نتیجه‌ی تجربه صفر نبوده، بلکه حرکت فرانتز نوری به‌یمنانه‌ی بوده که انعکاس دهنده‌ی سرعت‌های بین ۱/۵ تا ۹/۵ کیلومتر در ثانیه میباشد. با وجود این اختلاف‌های قابل ملاحظه، نتیجه‌ها در تعبیر نسبیت مساوی‌ی صفر تلقی گردیده و بر اساس این فرض تبدیل‌های لورنتز از تجربه‌ی مایکل سن نتیجه‌گیری شده است.

بنظر ما طبق (بند ۴ بالا) اصولاً تعیین حرکت انتقالی‌ی زمین بدور خورشید، با استفاده از تجربه‌ی مایکل سن، محال است زیرا حرکت انتقالی‌ی زمین از نظر سرعت نور، محیط ناهمگن شعاعی‌ی مسیر دایره‌ای شکل خود را بعلمت ایجاد قوه‌ی فرار از مرکز تقریباً همگن کرده، و اختلافی که ممکن است بر اساس تجربه‌ی مایکل سن از نظر حرکت مداری‌ی زمین خودنمایی کند، نمیتواند بیش از اختلافی باشد که در سرعت حرکت مداری‌ی زمین ظرف سال پیش آمد میکند (مدار زمین بیضی‌ی نزدیک بدایره بوده و سرعت مداری‌ی زمین تابع قانون ثبات مساحتها و در نتیجه تقریباً ثابت است). علاوه بر اختلاف‌های تجربی که تا ۹/۵ کیلومتر در ثانیه بالغ گردیده، بنظر ما نمیتواند فقط بعنوان خطای تجربی تلقی گردد.

اما مطلبی که برای توجیه اختلافها میتواند موجه باشد اختلاف‌های است که در اثر حرکت انتقالی‌ی مجموعه‌ی شمسی‌ی ما، که در کهکشانی‌ی خود با سرعتی در حدود ۱۱ کیلومتر ثانیه ادامه دارد، بوجود می‌آید؛ بخصوص که اختلاف‌های اندازه‌گیری شده تابع وضع زمین در مدار خود نسبت به این حرکت انتقالی در طول سال بوده و برای نقطه‌های مختلف کره‌ی زمین لاینقطع در تغییر است و دستگاه تجربی‌ی مایکل سن استثنائاً میتواند سرعت صفر و یا ۱۱ کیلومتر ثانیه را نشان دهد.

۷- ارتباط متریک انشتین و مشخص - چنانکه در تمام بحث بالا مشاهده شده معادله‌ی :

معادله $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = c^2 t^2$ را که انشتین در دیدنسبیت خود بعنوان متریک فضای اقلیدسی نامگذاری می کند؛ ما بعنوان مشخص نقطه در فضا از نظر پدیدهی انتشار نور تلقی نموده ایم و نشان داده ایم که در محیطهای گالیلای نیز (که شبه اقلیدس نامیده شده) با بکار بردن مقیاسهای متناسب با سرعت نور در امتداد محورهای اصلی مشخص، باز میتوان مشخص فضای اقلیدسی را، که انشتین آن را متریک فضا مینامد، بهمان فرم کروی تبدیل نمود.

در مورد فضای ناهمگن غیرمشخص انشتین عبارت $g_{ij} dx_i dx_j = 0$ را متریک فضای شتابدار تلقی میکنند و در دید ما همین معادله، که در آن g_{ij} ها تابع مختصات x_i ی نقطه ی مورد نظر است، معادله ی مشخص فضای شتابدار در نقطه ی x_i میباشد.

VII پیوست شماره ی ۱

معادله ی کلی ی مقطعهای مخروطی که کانون و مرکز آنها بر محور x قرار داشته باشد بصورت ساده ی زیر است :

$$A^2 \geq B^2 \quad \frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1$$

زیرا اگر $A=B$ باشد معادله ی بالا معادله ی دایره است؛ و اگر B حقیقی باشد معادله معادله ی بیضی ای است که فاصله ی کانونی F آن مساوی ی $F = \sqrt{A^2 - B^2}$ با $F < A$ خواهد بود؛ و اگر $\frac{A}{B} \rightarrow \infty$ میل کند معادله معادله ی یک شلجمی است که در آن $F=A$ میباشد و بالاخره اگر B^2 منفی یعنی B موهومی خالص باشد معادله معادله ی هذلولی ای خواهد بود که فاصله ی کانونی آن $F > A$ است.

حال اگر این مقطع مخروطی را با خطی که ضریب زاویه ی آن m بوده و از کانون بگذرد قطع کنیم.

$$F = \sqrt{A^2 - B^2} \quad \text{یا} \quad y = mx - F$$

x های نقطه ی تقاطع این خط با مقطع مخروطی ی مفروض ریشه های معادله ی درجه ی دویم زیر خواهند بود:

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{m^2(x-F)^2}{B^2} = 1$$

که پس از مرتب کردن بصورت زیر درمیآید :

$$(m^2 A^2 + B^2)x^2 - 2m^2 A^2 Fx + (m^2 A^2 F^2 - A^2 B^2) = 0$$

و دو طولی که بوسیله ی کانون روی وتر کانونی مقطع مخروطی تحدید میشوند مساوی خواهند بود با:

$$C' = \sqrt{(x-F)^2 + y^2} = \sqrt{m^2 + 1} (x-F)$$

که در آن x نماینده ی هر یک از دو ریشه ی معادله ی درجه ی دویم بالا باشند.

اما ریشه های معادله ی درجه ی دوم بالا مساویند با :

$$x = \frac{m^2 A^2 F \pm \sqrt{m^2 + 1} AB^2}{m^2 A^2 + B^2}$$

$$\sqrt{m^2 + 1} (x - F) = \frac{\pm (m^2 + 1) AB^2 - B^2 F \sqrt{m^2 + 1}}{m^2 A^2 + B^2} \quad \text{و در نتیجه}$$

حال اگر عبارت $(x - C) \sqrt{m^2 + 1}$ با علامت + را $(-c')$ ، و با علامت - را $(+c')$ نامگذاری کنیم مقدار $\left(\frac{1}{-c'} + \frac{1}{+c'} \right)$ مساوی میشود با:

$$\frac{1}{+c'} + \frac{1}{-c'} = \frac{2A}{B^2}$$

نتیجه‌ای که از تساوی بالا بدست می‌آید این است که برای نقطه‌ی تجربی واقع در کانون هر مقطع مخروطی‌ای نتیجه‌ی تجربی مایکل سن صفر است ، خواه مشخص‌کروی یا بیضوی یا شلجوی - یا هذلولی و یا حد آنها مخروط یا استوانه‌های بامقطع مخروطی باشند .

اگر محاسبه را ادامه دهیم و α زاویه‌ی امتداد وتر کانونی مفروض با محور x ها و $B=c$ و

$A = \frac{c}{\sqrt{1-\beta^2}}$ و در نتیجه $F = \frac{v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ باشند، برای بازوی بطول $l=1$ نتیجه‌های زیر را خواهیم داشت :

$$+c'c' = \frac{c^2 \sqrt{1-\beta^2}}{\sqrt{1-B^2 \cos^2 \alpha}} \quad \text{و} \quad t_a - t_r = \frac{2\beta \cos \alpha}{c \sqrt{1-\beta^2}} \quad \text{و} \quad t_a + t_r = \frac{2}{c \sqrt{1-\beta^2}}$$