1 – **تعـــــــريف الزّمـــــن.** مـن الصّعب جدّا تعريف الزّمن بدقّة. لذا يـوجد عدّة تعريفات نذكر منها:

- هـو وسط غير متهي و متجانس تـتـوالى فيـه الأحداث
- حركة لا تـتوقّف حيث يتحوّل المستقبل الى ماضي
- هـو بعد حقيـقي يجعل التّغيّر مـمكنا و مفهوما
- الخ ...
- فـي الفيـزياء الحديثـة، الزّمـن هو عبارة عـن البعد الرّابع لـلفضاء (درجة حـرّيّة). و الّذي يسمّى بـدوره الزمكان أو $espace - temps$. يـوجد نـوعين:
  - الزّمـن المطلق (ميكانـكا نـيوتن)
  - الزّمـن النّسبي (النّسبيّة الخاصّة لأنشتاين)

2– **تعـــــــريف الفضـــــاء.** الفضاء هـو المكان الّذي تـتمّ فيه الأحداث. و يـمـن أن يعرّف كذلك:

- في الميكانيكا الكلاسيـكيّة: الفضاء مستوي و يـمثّل بفضاء إقليدي ذي ثلاث أبعاد
- في النّسبيّة الخاصّة لأنشتاين: الفضاء مستوي و مرتبط بالـزّمن، يـمثّل بفضاء مينـكوفسلي
- في النّسبيّة العامّة لأنشتاين: الفضاء، المادّة، الطّاقة و الزّمن كلّها مرتبطة معـا. الفضاء يـمثّل بفضاء مينـكوفسلي و لـكن منحني

3– **الفـرق بيـن الزّمـن المطلق و الزّمـن النّسـبي:** الزّمن المطلـق هـو نفسه في كل المعالم الغاليلية بينما الزّمن النّسبي فـيتغيّر مـن معلم إلى آخر (أو بـعبارة أخـرى، لـكل معلـم غاليلي ساعته الخاصّـــــــة بـه).

4– **طبيعة الفضاء في الميكانيك الكلاسيكي، النّسبيّة الخاصّة و العامّة لأنشتاين:** أنـظر الاجابة رقـل 2 .

5– **تفسير النّسبيّة للّعامّة لأنشتاين الجاذبيّـــــــة:** تفسّر النّسبيّة العامّة لانشّتاين الجاذبيّة كـمظهـر (أو نتيجة) من مظاهر إنحناء الفضاء.

6– **توسّع الكون:** هـي ظاهرة كـونيّة حيث تـتباعد مـكونات الكون مـثل المجرّات عـن بعـضها البعـض.

7– **التّقويـمات و علاقتها بالظّواهر الفلكيّة:** التّقويم : هو نظام تعليم بدلالة الزّمن، احدث من اجل تنظيم الوقت، و هو مرتبط بالظواهر الدّوريّة مثل الدّورة القمريّة.

8– **أصناف التّقويـمات:**

- (أ) التّقويم القمري
- تـتعلّق فقط بـالدورة قمريّة ($lunaison$)
- المدّة المتوسّطة لـلشّهر: $29,5305882$ يوم
- المدّة المتوسّطة لـلسّنة: 354 أو 355 يوم
- أمثـلة: التّقويم الرّوماني القديم و التّقويم الهجري
- (ب) التّقويم الشّمسي

• المدّة المتوسّطة للسّنة تساوي تقريبا السّنة المداريّة (*tropique*)

• السّنة تحتوي على 12 شهرا و 5 أيام

• مدّة السّنة: 365 أو 366

• أمثلة: التّقويم المصري، يولويس قيصر و الغريغوري

• (ج) التّقويم القمرـشمسي

• يعتمد في نفس الوقت على الدّورتين الشّمسيّة و القمريّة

• السّنة تحتوي على 12 أو 13 شهرا

• كل 19 سنة هناك 12 سنة (12 شهرا) و 7 سنة (13 شهرا)

• أمثلة: التّقويم الكلداني، العبري

9- أمثـــــلة لبعض التّقويمات:

• (أ) تقويم يوليوس قيصر من -45 إلى 1582 (*julien Calendrier*):

◄ تقويم شمسي يتكوّن من 5 أشهر من 30 يوما و 6 من 31

◄ يوما و شهر فيفري يحتوي على 29 يوما (أو فيفري من 28 و أوت من 31 يوما)

◄ في دورة من 4 سنوات: 3 سنوات ذات 365 يوما و سنة من 366 يوما (كبيسة). القيما المتوسّطة للسّنة هي 365.25

• (ب) التقويم الهجري (*Calendrier musulman ou Hegire*):

◄ الشّهر: 29.530556 يوما (تقريب جيّد للدّورة القمريّة)

◄ القيما المتوسّطة للسّنة: 354.37 يوما (تقريبا 11 يوما أقل من السّنة المداريّة)

◄ السّنة العاديّة: 354 يوم مكوّنة من 6 شهرا ذات 30 يوم و 6 شهرا ذات 29 يوما

◄ السّنة الكبيسة: 355 يوم حيث يحتوي الشّهر الأخير على 30 يوما

◄ دورة من 30 سنة: 19 سنة عاديّة و 11 كبيسة

• (ج) تقويم غريغوري (*Calendrier gregorien*) :

◄ دورة من 400 سنة: 303 سنة عاديّة و 97 كبيسة (*bissextiles*).

◄ القيما المتوسّطة للسّنة هي: 365.2425 يوم

◄ بدأت في 4 أكتوبر 1582 حيث أضيف لها 11 يوما ليصبح يوم الغد 15 أكتوبر 1582 .

10- الفرق بين تقويم غريغوري و تقويم يوليوس قيصر: أنظر الجواب 9

11- السّنة الكبيسة. السّنة الكبيسة تحوي على 366 يوما. و تعرّف كما يلي:

◄ إذا كانت السّنة قابلت للقسمة على 4 و ليس 100

◄ إذا كانت السّنة قابلت على 400

◄ أمثلة: 2008 ، 2000

12– السّنة الداريّة: السّنة الداريّة $(tropique)$ أو الاعتداليّة $(equinoxiale)$ هو زمن دورة كاملة للأرض حول الشّمس. قدّر طول السّنة الداريّة في سنة 2000 بـ 365 يوم، و 5 ساعات، 48 دقيقة و 45.25 ثانيّة.

13– وحدات قياس المسافات في علم الفلك: (أ) الوحدة الفلكيّة (ua)، $1ua = 150 \times 10^6\, km$. (ب) السّنة الضّوئيّة (al)، $1al = 9500 \times 10^9\, km$. (ج) الپارساك (pc)، $1pc = 31000 \times 10^9\, km$.

14– المسافات المتوسّطة بين الكواكب و الشّمس بـ ua و km : عطارد: $0.38ua = 5.7 \times 10^7\, km$. الزّهرة: $0.72ua = 1.08 \times 10^8\, km$. الأرض: $1,00ua = 150 \times 10^6\, km$. المرّيخ: $1.52ua = 2.28 \times 10^8\, km$. المشتري: $5.21ua = 7.815 \times 10^8\, km$. زحل: $9.54ua = 1.431 \times 10^9\, km$. يورانوس: $19.18ua = 2.877 \times 10^9\, km$. نبتون: $30.11ua = 4.5165 \times 10^9\, km$.

15– علاقة القطر الظّاهري: القطر الظاهري: هو الزّاويّة الّتي من خلالها يرى ملاحظ موجود في النّقطة O الجسم AB قطره d و يبعد عن النّقطة بمسافة D .

$$\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{d}{2D}, \alpha = 2arctg\left(\frac{d}{2D}\right)$$

من أجل قيم صغيرة لـ α ، نثبت أنّ: $\alpha = \frac{d}{D}$ ، حيث أنّ α بـ الرّاديان rd . تستعمل لحساب القطر الحقيقي للكواكب و الأقمار أو بعدها عن الأرض.

16– علاقة التّزيح النجمي: الزّاوية β تسمّى التزيح النّجمي ($parallaxe$)، و $[\beta] \equiv rd$. باستعمال القوانين المثلّثيّة، نبيّن أنّ $D = a/\tan\beta$. من أجل قيم صغيرة لـ β ، نجد: $D \approx a/\beta$. مع العلم أنّ D هي المسافة بين الشّمس و النّجم و a هي المسافة بين الأرض و الشّمس (أنظر الشّكل).

17– النّظام $(^0,','')$: النّظام درجة ـ دقيقة ـ ثانيّة: $(^0,','') \equiv (degre, minute, seconde)$ حيث أنّ: $1^0 = 60' = 3600''$.

18– المسافات بين الأرض و الشّمس و النّجوم التّاليّة:

- $61 - cygni$ ($\beta = 0.294''$): $D_s \approx D_t = 11.082\, al$
- $\alpha\, crucis$ ($\beta = 0.10121''$): $D_s \approx D_t = 32.1951\, al$
- النّسر الطّائر ($\beta = 0.195''$): $D_s \approx D_t = 16.7101\, al$

حيث أنّ D_s هي المسافة بين الشّمس و النّجم، و D_t هي المسافة بين الأرض و النّجم.

19– و 20– و 21–

- القمر ($\alpha = 30'$ ، $D = 384400\, km$): $d = 3352.84\, km$
- نبتون ($\alpha = 2.3''$ ، $D = 4.5165 \times 10^9\, km$): $d = 50336.7\, km$
- زحل ($\alpha = 19.5''$)، ($D = 1.431 \times 10^9\, km$): $d = 135216.0\, km$
- الزّهرة ($\alpha = 59.82''$)، ($D = 1.08 \times 10^8\, km$): $d = 31305.8\, km$

22– التّزيح النّجمي لنجم **منكب الجوزاء** : $\beta = 0.00543077''$.

23– التّزيح النّجمي لنجم يبعد عن الأرض بـ $1800\, pc$: $\beta = 0.000554757''$

24– المصدر الأساسي للمعلومات في علم الفلك: هو الأمواج الكهرومغناطيسيّة الآتيّة من الفضاء.

25– الأمواج الكهرومغناطيسيّة: الامواج الكهرمغناطيسيّة هي عبارة عن أهتزازات الحقل الكهربائى و الحقل المغناطيسى

- تنتشر بسرعة الضوء $c = 299792458 m/s$
- تتميّز بالتّواتر ν ($frequence$) أو طول الموجة $\lambda = c/\nu$
- حسب طول الموجة λ ، تستعمل عدّة وسائل لكشفها. فمثلا، العين المجرّدة تستطيع فقط الكشف عن الأمواج المحصورة بين 0.4μ و 0.6μ ، و الّتي تسمّى بالضّوء المرئي
- من وجهة النّظر الكمّيّة، الأمواج هي عبارة عن تدفّق لجسيمات عنصريّة تسمّى بالفوتونات

- الطّاقة: $E = h\nu$ و $h = 6 : 6260710^{-34} J/Hz$
- الضوء $\equiv$ ضوء تحت أحمر، مرئي و فوق بنفسجي

26- مبدآ عمل العين المجرّدة: أقدم وسيلة بصريّة تستعمل في علم الفلك هي العين المجرّدة (قبل 1609). مبدء عملها كما يلي:

- مجمع الضوء: بؤبؤو العين ($Pupille$)
- مكثّف الضوء: القزحيّة ($Iris$)
- مغيّر التّركيز المحرقي المتغيّر: الجسم البلّوري ($Cristallin$)
- ملتقط ذو حساسيّة متغيّرة: الشّبكيّة ($Retine$)
- العين العاديّة يمكن أن ترى ($accommoder$) من مسافةحد25 تقريبا ($punctumproximum$) حتّى الّانهات ($punctumremotum$)

27- نظّارتي غاليلي و كبلر: الهدف من النّظارة الفلكيّة هو تشكيل صورة مكبّرة لجسم بعيد أي موجود في الّانهاية (جرم سماوي مثلا). صنع غاليلي نظّارته الفلكيّة و المعروفة بآسمه سنة 1609 بعد 8 محاولات لنماذج وضعت من طرف الهولنديّين و التّي كانت موجّهة أساسا للآستعمالات الحربيّة.

- نظّارة غاليلي: الجسميّة ($Objective$): عدسة مقرّبة تلعب دور مركّز الضّوء. العينيّة ($Oculaire$): عدسة مبعدة تضخّم الصّورة المحرقيّة المركّزة و تبعثها إلى الّانهاية
- نظّارة كبلر: الجسميّة ($Objective$): عدسة مقرّبة تلعب دور مركّز الضّوء. العينيّة ($Oculaire$): عدسة مقرّبة تضخّم الصّورة المحرقيّة المركّزة و تبعثها إلى الّانهاية.

28- تلسكوب نيوتن و كاسوغران: أوّل تلسكوب تمّ إنجازه هو تلسكوب نيوتن (1672). هناك نوعين من التلسكوبات:

- تلسكوب نيوتن: العينيّة ($Oculaire$) هي عدسة مقرّبة. الجسميّة ($Objective$) هي مرآة مجوّفة دورها عكس الضّوء. و مرآة مسطّحة و مائلة بدرجة 45^o لاعتراض و إعادة إرسال الضّوء للعينّيّة.
- تلسكوب كاسوغران: العينيّة ($Oculaire$) عدسة مقرّبة موضوعة مباشرة وراء الجسميّة. الجسميّة ($Objective$) هي مرآة مجوّفة دورها عكس الضّوء. مرآة محدّبة و ليست مائلة لاعتراض و إعادة إرسال الضّوء للعينّيّة.

29- الفرق بين النّظارة الفلكيّة و التّلسكوب: الفرقان الأساسيّان هما

- النّظّارة الفلكيّة لديها عدسة كجسميّة
- بينما التّلسكوب لديه مرآة كجسميّة

30- أنواع التلسكوبات الحديثة: تلسكوب فضائي مثل تلسكوب هابل، تلسكوبات الأشعة السّينيّة، تلسكوبات الأشعة فوق البنفسجيّة، الرّاديوتلسكوب، ...

31- تلسكوب هابل: التلسكوب الفضائي هو تلسكوب مداره وراء الغلاف الجوّي. أفضليّة هذا النّوع من التّلسكوبات على التلسكوبات الأرضيّة أنّها لا تّاثّر بالغلاف الجوّي.

32- مساهمات وسائل الرّصد في تطوّر علم الفلك: في الاساس، علم الفلك مبني على الملاحظة (الرّصد). فعندما إستعمل غاليلي نظّارته الفلكيّة، أحدث طفرة بملاحظته الفلكّية (أنظر الدّرس)... تلسكوب هابل مكّننا من رصد العديد من المجرات و خبايا الكون ...

33- أمواج الجاذبيّة و كيفيّة رصدها: إقرء عن تجربتي $VIRGO$ و $LIGO$.

بالتّوفيق
محمّد الصّادق زيدي