

Medienbegleitheft zur DVD 14054

DUNKLE MATERIE UND DUNKLE ENERGIE



Medienbegleitheft zur DVD
35 Minuten, Produktionsjahr 2012

Unterrichtsvorschlag

Einleitung

Den SchülerInnen wird eröffnet, dass der kommende Unterricht die dunkle Materie, die dunkle Energie, die Entwicklung des Kosmos und eines seiner möglichen Endsznarien zum Inhalt hat. Da diese Themen bei SchülerInnen erfahrungsgemäß auf großes Interesse stoßen, soll damit das Interesse geweckt und die Motivation zu lernen gesteigert werden.

Vorbereitung

Im Film „Dunkle Energie und dunkle Materie“ werden Spektren von Sternen, die Rotverschiebung, schwarze Löcher, braune Zwerge, weiße Zwerge und Supernovae verwendet. Daher ist es günstig, diese Begriffe vor dem Zeigen des Filmes zu wiederholen bzw. durchzunehmen. Dazu sollen die SchülerInnen mit Hilfe ihrer Unterlagen, mit Hilfe von Lehrbüchern oder durch Internetrecherche folgende Themen bearbeiten und anschließend als Referate der Klasse präsentieren:

1. **Spektren von Sternen:** Wie sehen sie aus und wie entstehen sie?
2. **Doppler-Effekt und Rotverschiebung:** Was ist der Doppler-Effekt? Wie entsteht er? Welche Auswirkung hat der auf die Spektren von Sternen? Wofür wird er in der Astronomie verwendet?
3. **Himmelsobjekte schwarze Löcher, braune Zwerge, weiße Zwerge:** Wie entstehen sie? Was sind sie?
4. **Helligkeit von Sternen:** Was sind scheinbare und absolute Helligkeit? Welche Bedeutung haben sie in der Astronomie?
5. **Supernova vom Typ Ia:** Wie entsteht sie? Wieso kann sie in der Astronomie zur Entfernungsmessung verwendet werden?

Einsatz des Filmes

Die SchülerInnen bekommen das Blatt „Aufgaben“ ausgegeben, welches sie sich zunächst durchlesen sollen. Ihnen wird gesagt, dass sie nach Ansehen des Filmes „Dunkle Energie und dunkle Materie“ die Aufgaben lösen sollen. Damit sie das können, sollen sie sich während des Filmes Notizen machen. Dadurch steigert sich die Aufmerksamkeit beim Betrachten des Filmes. Anschließend wird der Film gezeigt.

Aufgaben

Die SchülerInnen sollen die Fragen aus dem Blatt „Aufgaben“ in Gruppen schriftlich beantworten. Sollten die SchülerInnen noch Informationen aus dem Film brauchen, wird den Gruppen die Möglichkeit gegeben, die entsprechenden Filmsequenzen auf einem Laptop noch einmal ansehen. Dadurch kann es zu einer noch intensiveren Auseinandersetzung mit der Materie kommen.

Begleittext

Im Film „Dunkle Energie und dunkle Materie“ werden Spektren von Sternen, die Rotverschiebung, schwarze Löcher, braune Zwerge, weiße Zwerge und Supernovae verwendet. Diese Begriffe werden hier kurz erläutert.

Spektren von Sternen

Sterne leuchten, weil sie heiß sind. Die Energie beziehen sie aus der Kernfusion, die in ihrem Inneren stattfindet. Sterne besitzen ein kontinuierliches Spektrum, welches in erster Näherung durch das plancksche Strahlungsgesetz beschrieben wird. Aus dem Maximum des Spektrums kann die Oberflächentemperatur des Sterns berechnet werden.

Beim Durchgang des Lichts durch den Stern und die Sternatmosphäre wird das Licht, das aus dem Inneren des Sterns kommt, mehrfach von den Atomen des Sterns absorbiert und emittiert, was zu charakteristischen dunklen Linien im Spektrum führt. Durch diese Linien kann die Zusammensetzung des Sterns ermittelt werden.

Die Rotverschiebung

Die Rotverschiebung beruht auf dem Doppler-Effekt, dessen akustische Variante uns aus dem Alltag geläufig ist. Nähert sich uns ein hupendes Auto einer auf dem Boden stehenden Person, hört sie den Hupton höher als würde das Auto ebenfalls stehen. Entfernt sich ein hupendes Auto von einer auf dem Boden stehenden Person, hört sie den Hupton tiefer als würde das Auto ebenfalls stehen. Kennt man die Tonhöhe der ruhenden Hupe und die Frequenz, mit der die Person die bewegte Hupe wahrnimmt, kann man die Geschwindigkeit der Hupe (des Autos) berechnen.

Beim Licht gibt es eine ähnliche Frequenzverschiebung. Entfernt sich eine Lichtquelle von einer Beobachterin, nimmt sie das Licht mit einer niedrigeren Frequenz wahr als würde die Quelle bezüglich ihr ruhen. Das Licht ist für die Beobachterin ins Rote verschoben. Nähert sich eine Lichtquelle der Beobachterin an, nimmt sie das Licht mit einer höheren Frequenz wahr als würde die Quelle bezüglich ihr ruhen. Das Licht ist für die Beobachterin ins Blaue verschoben. Kennt man die Frequenz des Lichts der ruhenden Quelle und die Frequenz des Lichts, das die Beobachterin detektiert, kann man die Geschwindigkeit der Lichtquelle berechnen.

Aufgrund der typischen Muster, die die schwarzen Linien in den Spektren der Sterne bilden, weiß man, welche Linie durch welches Element verursacht wird. Daher weiß man, wo im Spektrum eines Sterns sich diese Linien befänden, würde er bezüglich der Erde ruhen. Tatsächlich befinden sich diese Linien ins Rote verschoben. Daraus lässt sich die Geschwindigkeit berechnen, mit der sich der Stern von der Erde entfernt.

Schwarze Löcher

Schwarze Löcher sind das Endstadium massereicher Sterne. Hat ein Stern seinen Brennstoff aufgebraucht, bricht die Kernfusion in seinem Inneren ab. Der Druck im Inneren sinkt, sodass der Stern durch die Gravitation kollabiert. Hatte der Stern genügend Masse, bleibt schlussendlich ein Objekt übrig, das so massereich und dicht ist, dass die Gravitation in seiner

Umgebung so stark ist, dass aus ihr nichts mehr, auch nicht Licht, entkommen kann. Da aus diesem Objekt kein Licht entkommt, ist es schwarz. Daher nennt man es schwarzes Loch.

Braune Zwerge

Braune Zwerge sind Himmelskörper, deren Masse unter der Mindestmasse für die Wasserstofffusion und über der Mindestmasse für die Deuteriumfusion liegt. Sie erreichen nicht die Temperatur, die für die Wasserstofffusion nötig ist. Es laufen nur Fusionsprozesse ab, die bereits bei niedrigeren Temperaturen einsetzen. Dies sind im Wesentlichen die Lithiumfusion und die Deuteriumfusion. Bei der Lithiumfusion verschmelzen ein Lithium-7-Kern und ein Proton zu zwei Helium-4-Kernen. Bei einer Deuteriumfusion verschmilzt ein Deuteriumkern und ein Proton zu einem Helium-3-Kern.

Weißer Zwerge

Weißer Zwerge sind kleine Sterne mit hoher Temperatur und geringer Leuchtkraft. Sie sind Sterne im Endstadium der Sternenentwicklung, in denen keine Kernfusion mehr stattfindet.

Helligkeit von Sternen

Die scheinbare Helligkeit eines Sternes gibt an, wie hell dieser Stern von der Erde aus erscheint. Die absolute Helligkeit eines Sternes gibt an, wie hell dieser Stern von der Erde aus gesehen wäre, hätte er von ihr eine Entfernung von 10 Parsec (32,6 Lj). Für Sterne, deren Entfernung von der Erde kleiner als 10 Parsec ist, ist somit die absolute Helligkeit kleiner als die scheinbare Helligkeit. Für Sterne, deren Entfernung von der Erde größer als 10 Parsec ist, ist die absolute Helligkeit größer als die scheinbare Helligkeit. Misst man die scheinbare Helligkeit eines Sternes und kennt dessen Abstand von der Erde, kann man die absolute Helligkeit berechnen. Misst man die scheinbare Helligkeit eines Sternes und kennt seine absolute Helligkeit, kann man seinen Abstand von der Erde berechnen.

Supernovae vom Typ Ia

Die im Film „Dunkle Energie und dunkle Materie“ angesprochene Supernova ist eine Supernova vom Typ Ia. Sie entsteht, wenn ein Doppelsternsystem aus einem weißen Zwerg und einem Begleitstern besteht, von dem der weiße Zwerg Materie ansaugt. Hat er genügend Materie angesaugt, kollabiert er durch deren Gewicht und schlagartig setzt in ihm Kohlenstofffusion ein, die ihn zum Explodieren bringt, was als Supernova sichtbar wird. Den Verlauf dieser Explosion und die Vorgänge, die sich dabei abspielen, versteht man so gut, dass man die absolute Helligkeit und das Spektrum dieser Supernovae kennt.

Beobachtet man eine solche Supernova, kann man aus der gemessenen scheinbaren Helligkeit und der bekannten absoluten Helligkeit die Entfernung der Supernova von der Erde berechnen. Aus den dunklen Linien des gemessenen Spektrums und den dunklen Linien des bekannten Spektrums kann man die Geschwindigkeit berechnen, mit der sich die Supernova von der Erde entfernt.

Aufgaben

1. Welche Kraft wurde von Isaac Newton entdeckt?
2. Welche Phänomene, die vor Newton als nicht zusammenhängend betrachtet worden waren, wurden nun durch die Schwerkraft gemeinsam beschrieben?
3. Wie beschreibt die Gravitationstheorie von Einstein die Bewegung von Himmelskörpern?
4. Zu welchem Zweck fügte Einstein in seine Gleichungen eine Größe Λ ein, die eine Kraft beschreibt, die der Gravitation entgegenwirkt?
5. Welche Frage wollte der Astronom Edwin Hubble klären?
6. Was entdeckte Hubble bei seinen Beobachtungen?
7. Mit Hilfe welcher Daten erforschte Edwin Hubble die Sterne und Galaxien?
8. Erkläre, wie man aus Hubbles Beobachtung, dass sich die Galaxien voneinander wegbewegen, zur Idee des Urknalls kommt.
9. Warum war nach Hubbles Entdeckung von einem expandierenden Universum die Größe Λ in Einsteins Gleichungen nicht mehr nötig?
10. Wovon und in welcher Weise hing es nach Hubbles Entdeckung ab, ob das Universum jemals kollabiert oder nicht?
11. Wie bestimmt man die Masse von einander anziehenden Himmelskörpern?
12. Woraus wurde geschlossen, dass es im Kosmos mehr Materie geben muss als man sehen kann?
13. Welche Methode gibt es, dunkle Himmelskörper zu detektieren?
14. Welche Himmelskörper wurden in Betracht gezogen, um die fehlende Materie zu liefern?
15. Warum wurde die Existenz der dunklen Materie postuliert?
16. Durch welches Ereignis kann man den Abstand sehr weit entfernter Sterne von der Erde bestimmen?
17. Durch welche Daten einer Supernova kann man deren Entfernung und deren Entfernungsgeschwindigkeit von der Erde bestimmen?
18. Warum nahm man an, dass die Expansionsgeschwindigkeit des Universums im Laufe der Zeit abnimmt?
19. Was versteht man unter der dunklen Energie?
20. Beschreibe die Expansion des Kosmos seit dem Urknall. Wodurch ändert sich jeweils die Expansion?
21. Welche Anteile am Kosmos haben die sichtbare Materie, die dunkle Materie und die dunkle Energie?
22. Welche Rolle spielte die dunkle Materie bei der Entstehung der Galaxien?
23. Was versteht man unter einem Lichtjahr?
24. Wie viele Meter hat ein Lichtjahr?
25. Um wie viel entfernt sich aufgrund der Expansion des Kosmos in einem Jahr die Erde von der Sonne?

Lösungen

1. Schwerkraft
2. Durch die Schwerkraft fallen Äpfel von Bäumen und bewegen sich die Planeten um die Sonne.
3. Die Masse der Himmelskörper verzerrt (krümmt) den Raum. Die Raumkrümmung bestimmt die Bewegung der Himmelskörper.
4. Um ein nicht kollabierendes Universum beschreiben zu können.
5. Er wollte klären, ob die Milchstraße das ganze Universum ausfüllt oder ob sie nur eine von vielen Galaxien ist.
6. Er beobachtete, dass es viele Galaxien gibt, und dass sie sich von Erde wegbewegen. Ihre Geschwindigkeit ist proportional zur Entfernung von der Erde.
7. Er wertete die Spektren der Sterne und Galaxien aus.
8. Wenn sich die Galaxien im Laufe der Zeit voneinander wegbewegen, waren sie einander früher näher. Der Moment, an dem sie sich an einem Punkt befunden haben, nennt man Urknall.
9. Die Expansion des Kosmos verhindert seinen Kollaps.
10. Die Masse des Universums bestimmt, ob es kollabiert oder nicht. Bei genügend großer Masse ist die Gravitation stark genug, die Expansion zu bremsen und umzukehren, bei zu geringer Masse nicht.
11. Die Masse von einander anziehender Himmelskörpern lässt sich aus deren gegenseitiger Umkreisung berechnen. Dazu muss man ihre gegenseitigen Geschwindigkeiten messen.
12. Die Galaxien und Sterne im Einfluss von Galaxien bewegten sich auf stabilen Bahnen schneller als es aufgrund der sichtbaren Materie möglich ist. Diese Stabilität kann nur von nicht sichtbarer Materie gewährleistet werden.
13. Aufgrund seiner Masse lenkt ein Himmelskörper das Licht ab. Schiebt sich ein dunkler Himmelskörper von einem leuchtenden, sieht man damit eine Verzerrung des leuchtenden.
14. Schwarze Löcher und braune Zwerge
15. Die dunklen Himmelskörper liefern zu wenig Masse, um die stabilen Bahnen der sichtbaren Himmelskörper zu erklären.
16. Durch eine Supernova
17. Die Entfernung lässt sich aus ihrer Helligkeit und die Entfernungsgeschwindigkeit aus der Rotverschiebung ihres Lichts bestimmen.
18. Durch die gegenseitige Anziehung der Materie sollte sich die Expansion im Laufe der Zeit verlangsamen.
19. Die dunkle Energie ist Energie, die im gesamten Raum steckt und die abstoßende Wirkung im Kosmos verursacht. Die Quelle dieser Energie ist unbekannt.
20. In den ersten 7 bis 9 Milliarden Jahren nach dem Urknall verlangsamt das Universum seine Ausdehnung durch die gegenseitige Anziehung der Materie. Das Universum vergrößerte sich ständig und dadurch wurde die dunkle Energie, die im Raum steckt und die abstoßende Wirkung verursacht, mehr. Ab einem bestimmten Punkt wurde die abstoßende Wirkung so groß, dass sich die Ausdehnung beschleunigte.

21. Sichtbare Materie: 4,5%

Dunkle Materie: 22,7%

Dunkle Energie: 72,8%

22. Die Galaxien entstanden dort, wo sich nach dem Urknall die dunkle Materie konzentriert hatte.

23. Ein Lichtjahr ist die Strecke, die das Licht in einem Jahr zurücklegt.

24. Lichtgeschwindigkeit: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Ein Jahr: $t = 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s} = 3,1536 \cdot 10^7 \text{ s}$

Ein Lichtjahr: $Lj = 3 \cdot 10^8 \cdot 3,1536 \cdot 10^7 \text{ m} = 9,4608 \cdot 10^{15} \text{ m}$

25. Mittlere Entfernung Erde – Sonne: $1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$

Ein Objekt, das $3,2 \cdot 10^6 Lj = 3,2 \cdot 10^6 \cdot 9,4608 \cdot 10^{15} \text{ m} \approx 3 \cdot 10^{22} \text{ m}$ entfernt ist, bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von $7,04 \cdot 10^4 \text{ m/s}$ von der Erde weg. Da die

Expansionsgeschwindigkeit für diesen Entfernungsbereich proportional zur Entfernung ist, ergibt sich durch eine Schlussrechnung für die Sonne eine Entfernungsgeschwindigkeit

von $v = \frac{7,04 \cdot 10^4 \cdot 1,496 \cdot 10^{11}}{3 \cdot 10^{22}} \text{ m/s} \approx 3,5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$

Für ein Jahr ergibt sich damit eine Strecke von $s = 3,5 \cdot 10^{-7} \cdot 3,1536 \cdot 10^7 \text{ m} \approx 11 \text{ m}$

Aufgrund der Expansion des Kosmos vergrößert sich die Entfernung Erde – Sonne in einem Jahr um ca. 11 Meter.

Medieninhaber und Herausgeber:

BUNDESMINISTERIUM FÜR
UNTERRICHT, KUNST UND KULTUR
Medienservice
1014 Wien, Minoritenplatz 5
TEL 01 53 120-4829, FAX 01 53 120-4848
E-Mail: medienservice@bmukk.at

Erstellt von:

Mag. Herbert Wittmann

Download unter:

<http://www.bmukk.gv.at/schulen/service/mes/specials.xml>

Bestellungen:

AMEDIA Servicebüro
1140 Wien, Sturzgasse 1a
TEL 01 982 13 22, FAX 01/982 13 22-311
E-Mail office@amedia.co.at

Verlags- und Herstellungsort: Wien