

1. Einführung

- 1.1. Was ist Physik?
- 1.2. Physikalische Größen und Einheiten
- 1.3. Messungen, Datenauswertung, Fehler

2. Klassische Mechanik

- 2.1. Kinematik der Massenpunkte
- 2.2. Dynamik der Massenpunkte
- 2.3. Systeme von Massenpunkten
- 2.4. Rotation

3. Gravitation

- 3.1. Gravitationsgesetz
- 3.2. Feld und Potential

3.3. Planetenbahnen: Kepler

3.4. Massenverteilungen

3.5. Dunkle Materie

4. Relativistische Mechanik

4.1. Bezugssysteme und Transformationen

4.2. Spezielle Relativitätstheorie

4.3. Relativistische Dynamik

5. Feste Körper und Flüssigkeiten

5.1. Feste Körper

5.2. Hydrostatik und Hydrodynamik

6. Schwingungen und Wellen

6.1. Schwingungen

6.2. Wellen

Zusammenfassung von v20 vom 08.01.2013

Lorentz-Transformation: ohne Einschränkung auf kleine $\beta=v/c$

$$x = \gamma (x' + vt'), \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \gamma \left(t' + \frac{vx'}{c^2} \right)$$

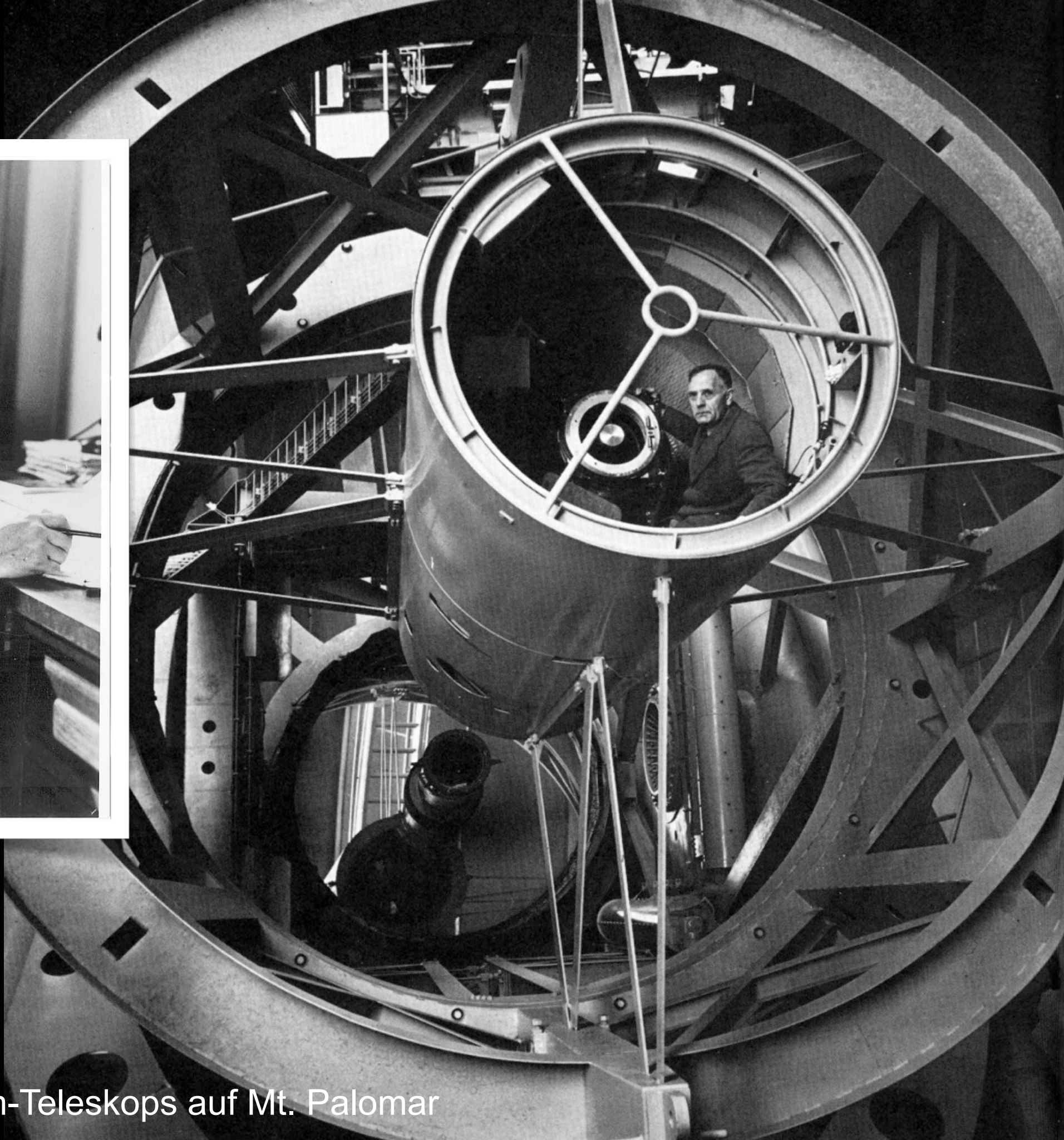
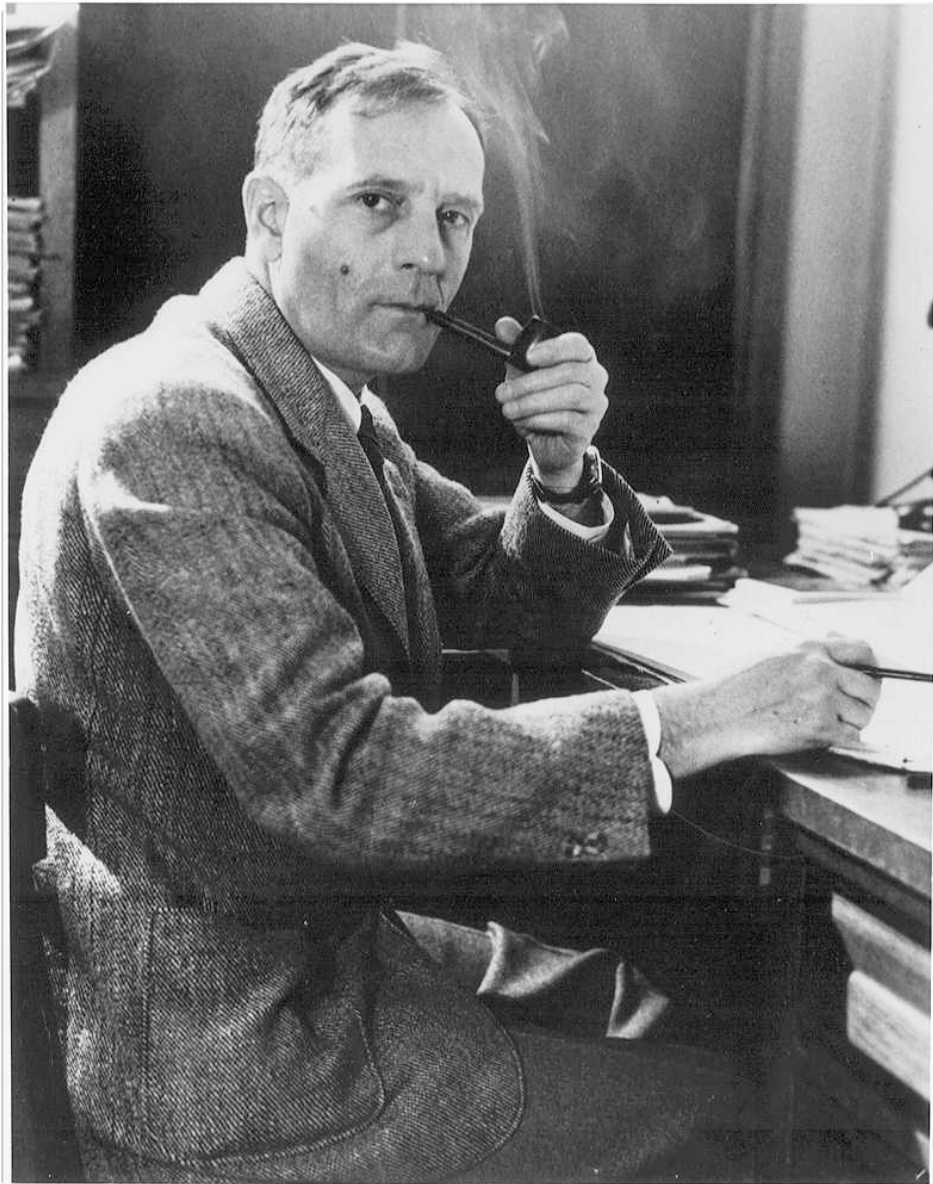
$$x' = \gamma (x - vt), \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \gamma \left(t - \frac{vx}{c^2} \right)$$

↑ Fehlerkorrektur $\checkmark$

- Spezielle Relativitätstheorie Folgerungen aus der LT, S' gegen S bewegt
 - Zeitdehnung $\Delta t = \gamma \Delta t'$
 - Längenkontraktion $\Delta L = \Delta L' / \gamma$
 - Geschwindigkeitsaddition $u = \frac{u' + v}{1 + \frac{u' \cdot v}{c^2}}$
 - Dopplereffekt $f_B = \frac{\sqrt{1 \pm \beta}}{\sqrt{1 \mp \beta}} f_Q$

$f_{B,Q}$ Lichtfrequenzen
bei Beobachter, Quelle

Edwin Hubble 1889-1953



... im Primärfokus des 5m-Teleskops auf Mt. Palomar

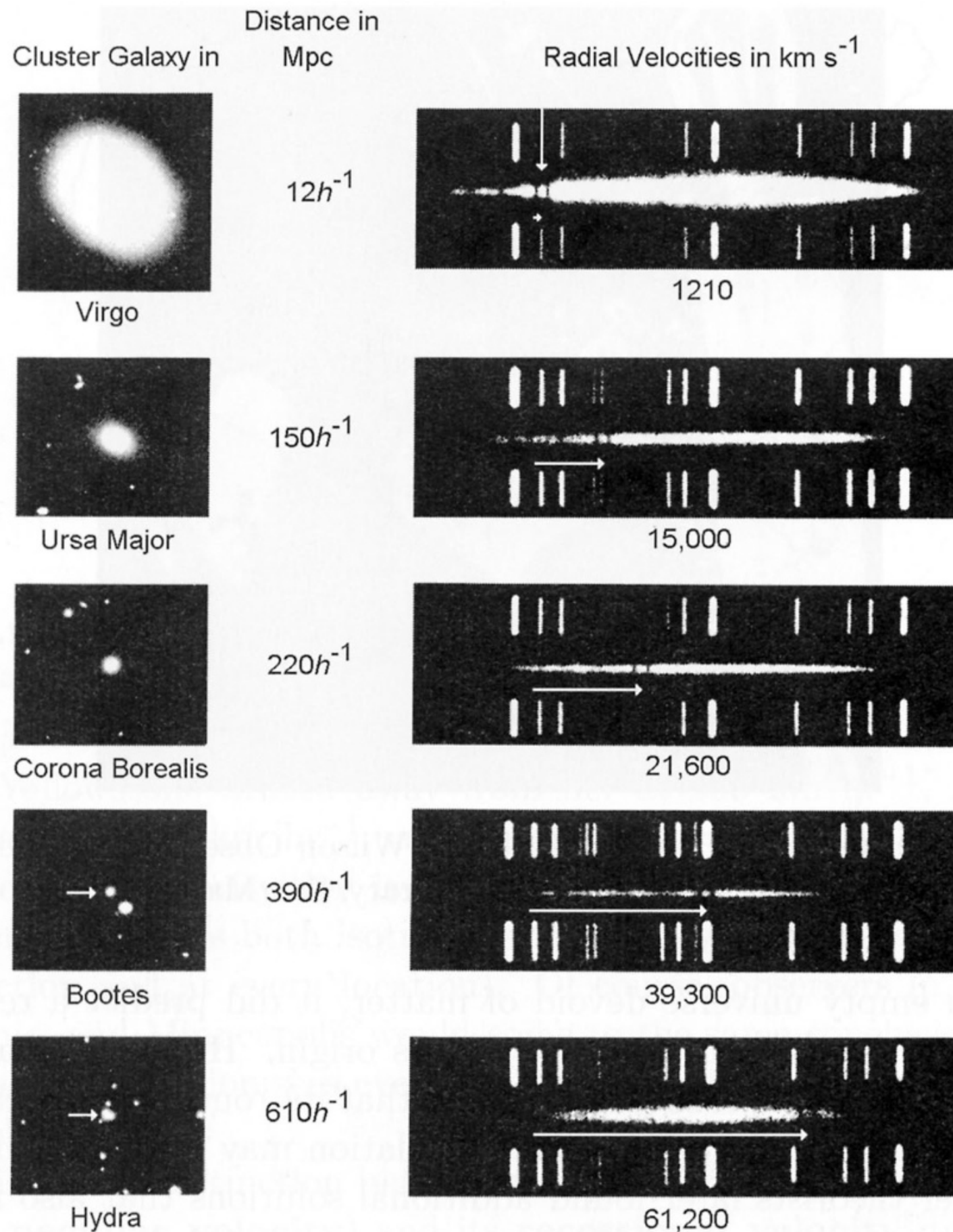


Figure 25.7 The appearance and redshifts of the H and K lines of calcium for five galaxies. (Courtesy of Palomar/Caltech.)

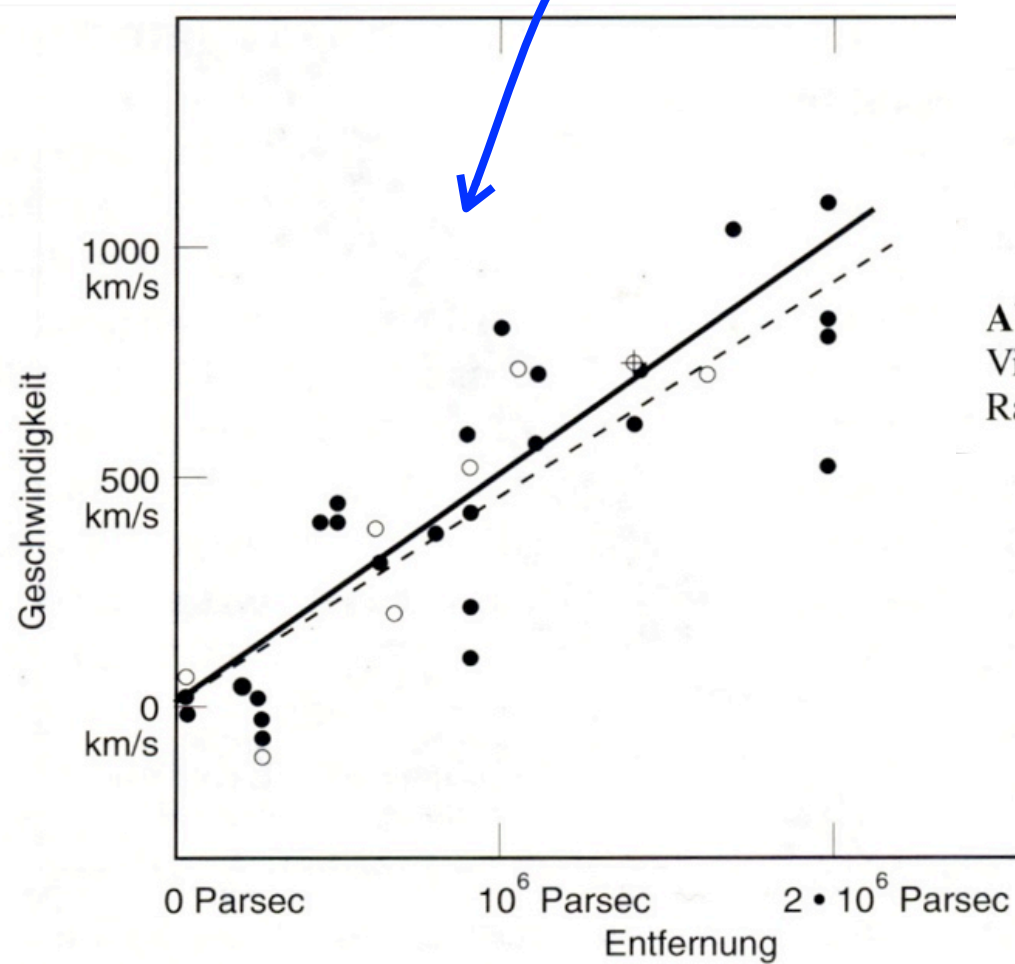


Abb. 1.1. Hubble's Geschwindigkeits-Entfernungsdiagramm von 1929 (nach Smith 1982). Die vollen Scheiben und die durchgezogene Linie beziehen sich auf die einzelnen Galaxien relativ zum Milchstraßensystem. Die Kreise und gestrichelte Linie auf eine bestimmte Gruppierung der Galaxien.

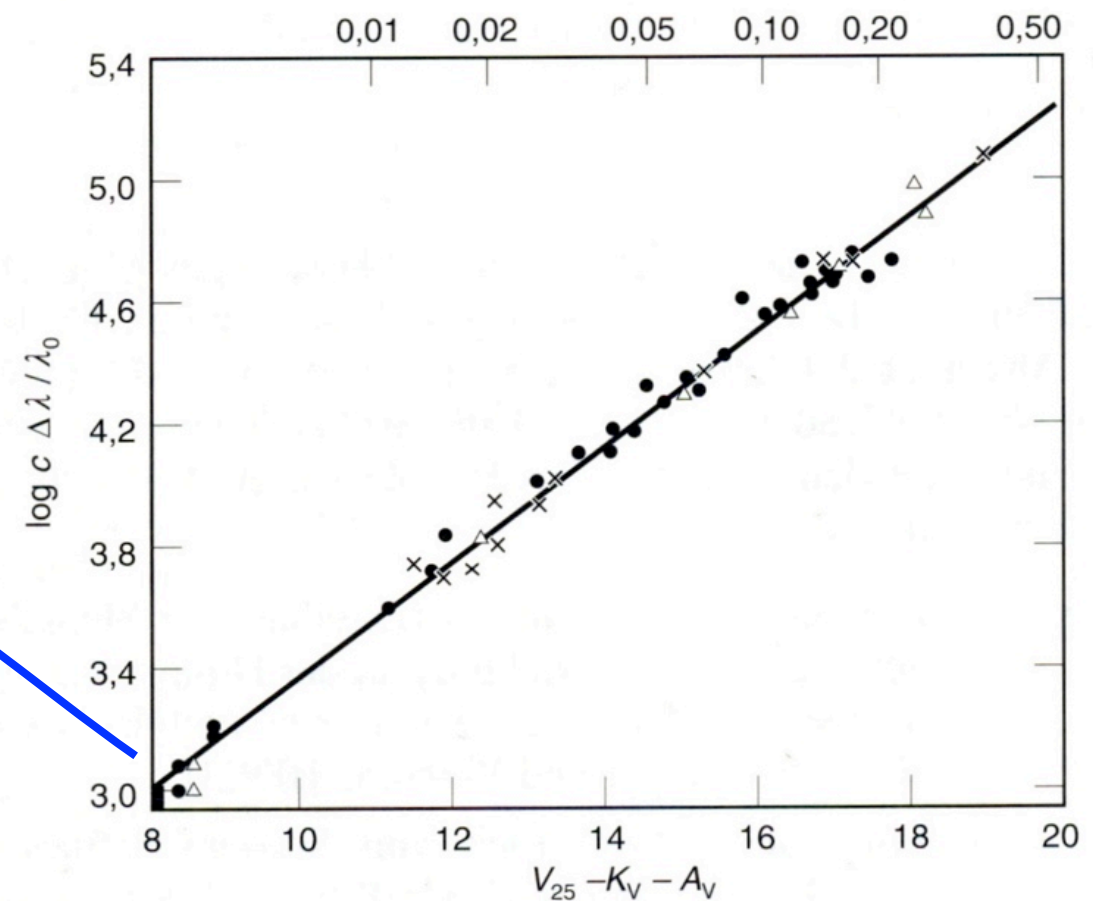
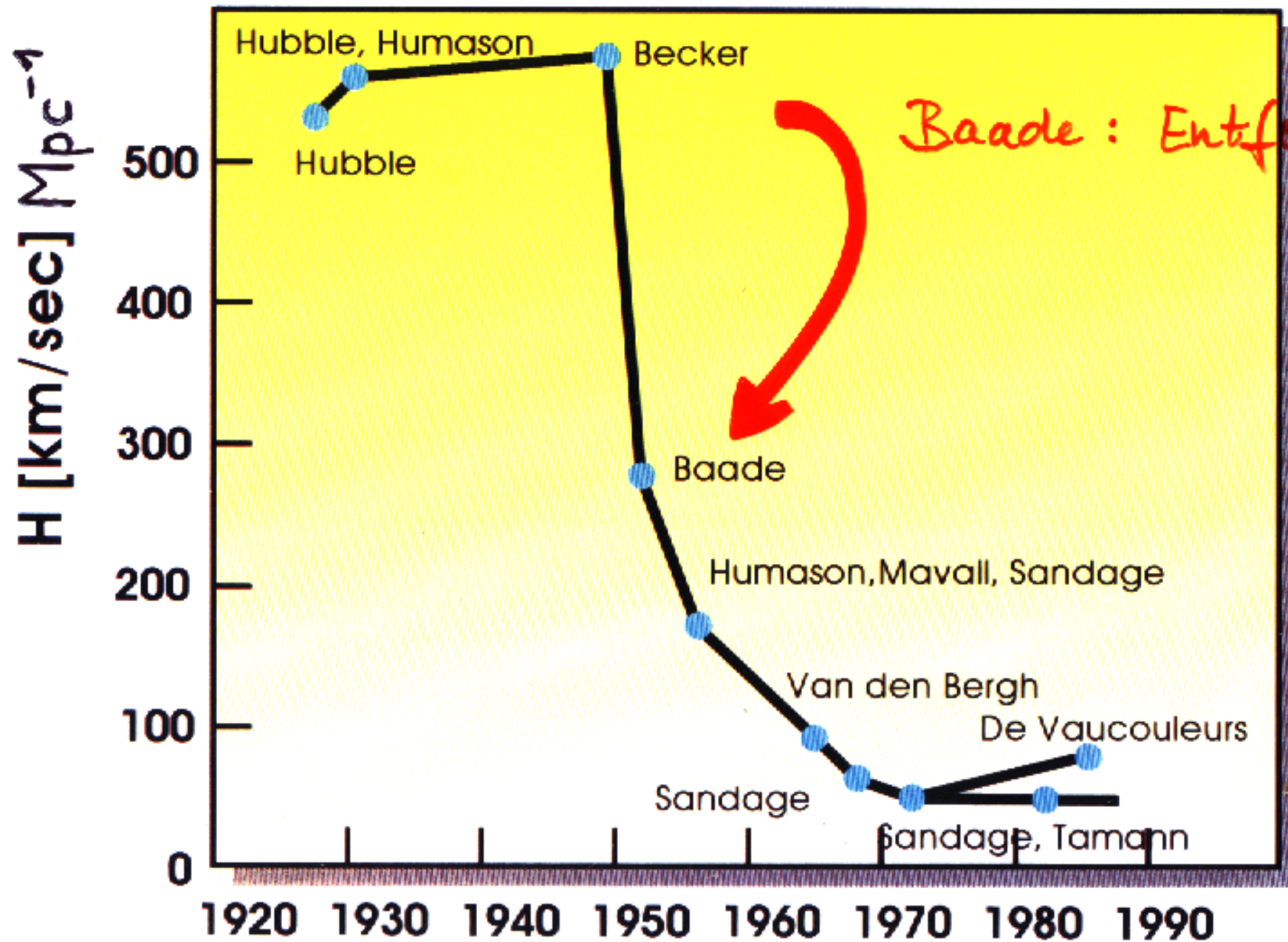


Abb. 1.2. Hubble-Diagramm nach Sandage (Observatory 88, 91 (1968)). Das schwarze Viereck links unten bezeichnet den Bereich von Hubbles ursprünglicher Messung (×: Radiogalaxien).

Geschichte der Hubble-Konstante

$$v = H_0 \cdot D$$

↑
aus Rotverschiebung



Baade: Entfernungskala x2

Cepheiden-Problem
systematische Verzerrungen bei Auswahl der "Standardkerzen"

$$H_0 = 100 h \frac{\text{km}}{\text{s Mpc}}$$

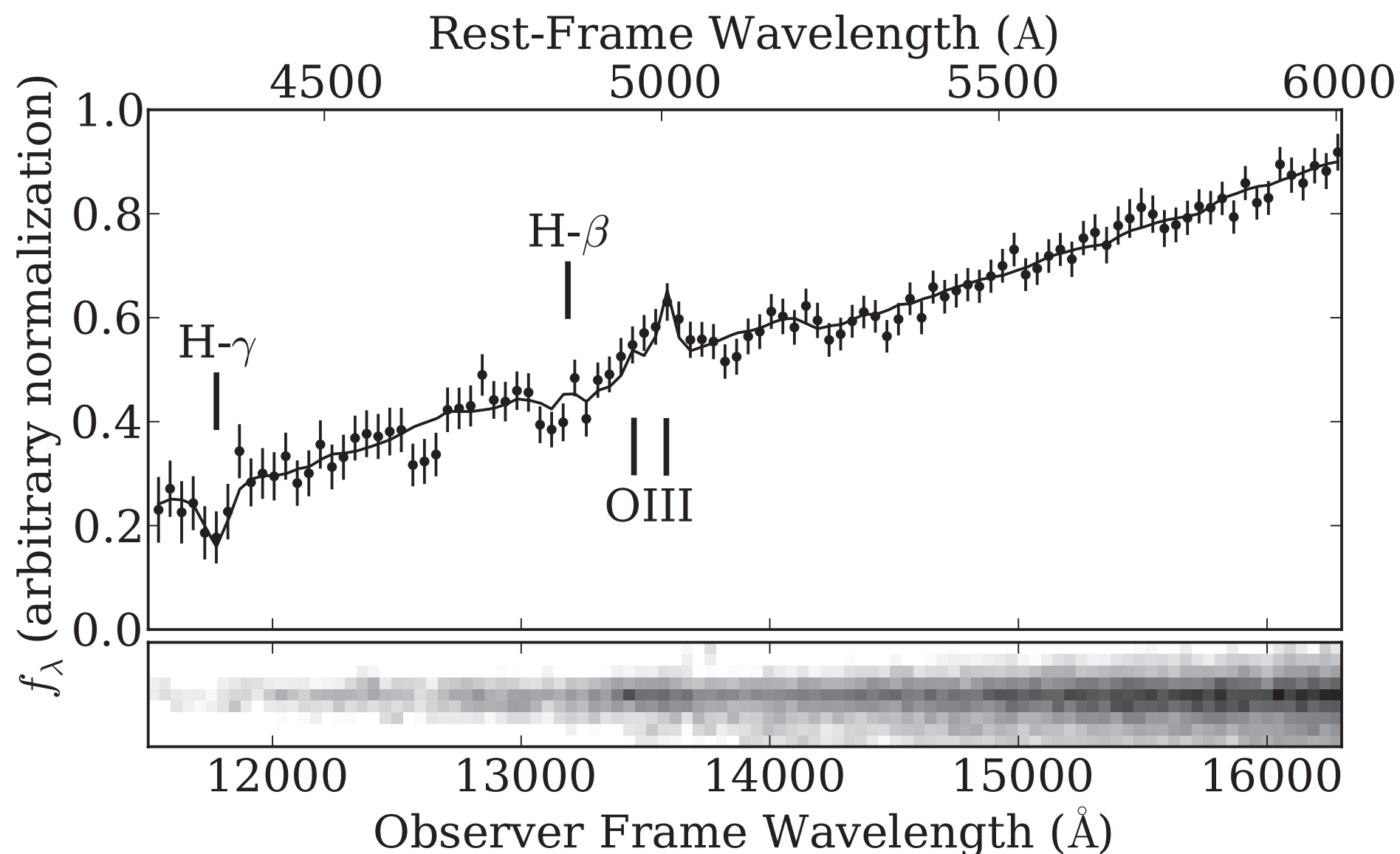
$$0.4 \leq h \leq 1$$



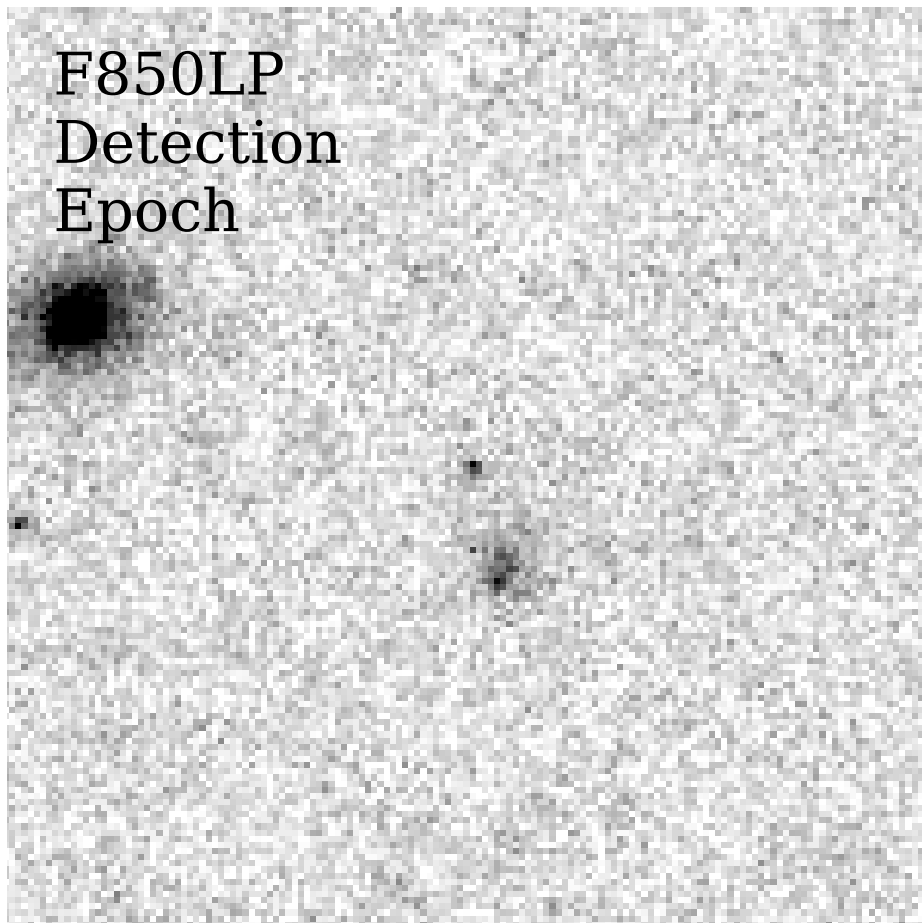
ULAS J1120+0641 June 2011 $z = 7.1$

ABSTRACT

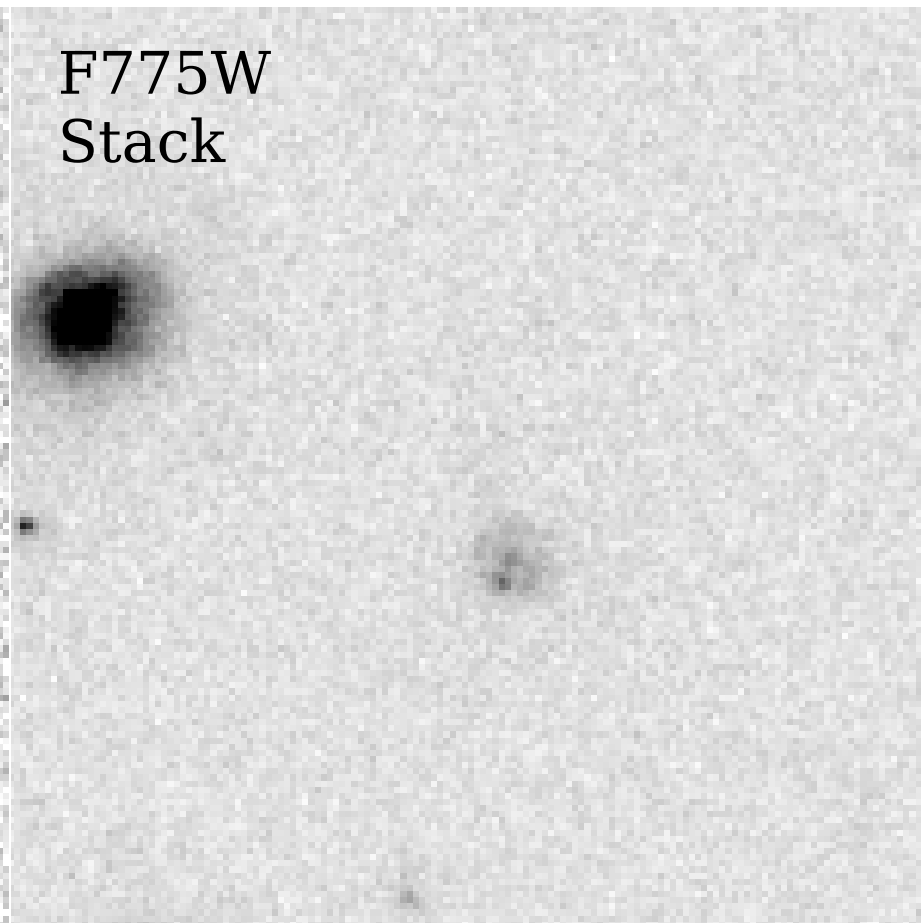
We report the discovery of a redshift 1.71 supernova in the GOODS North field. The *Hubble Space Telescope* (*HST*) ACS spectrum has almost negligible contamination from the host or neighboring galaxies. Although the rest frame sampled range is too blue to include any Si II line, a principal component analysis allows us to confirm it as a Type Ia supernova with 92% confidence. A recent serendipitous archival *HST* WFC3 grism spectrum contributed a key element of the confirmation by giving a host-galaxy redshift of 1.713 ± 0.007 . In addition to being the most distant SN Ia with spectroscopic confirmation, this is the most distant Ia with a precision color measurement. We present the ACS WFC and NICMOS 2 photometry and ACS and WFC3 spectroscopy. Our derived supernova distance is in agreement with the prediction of Λ CDM.



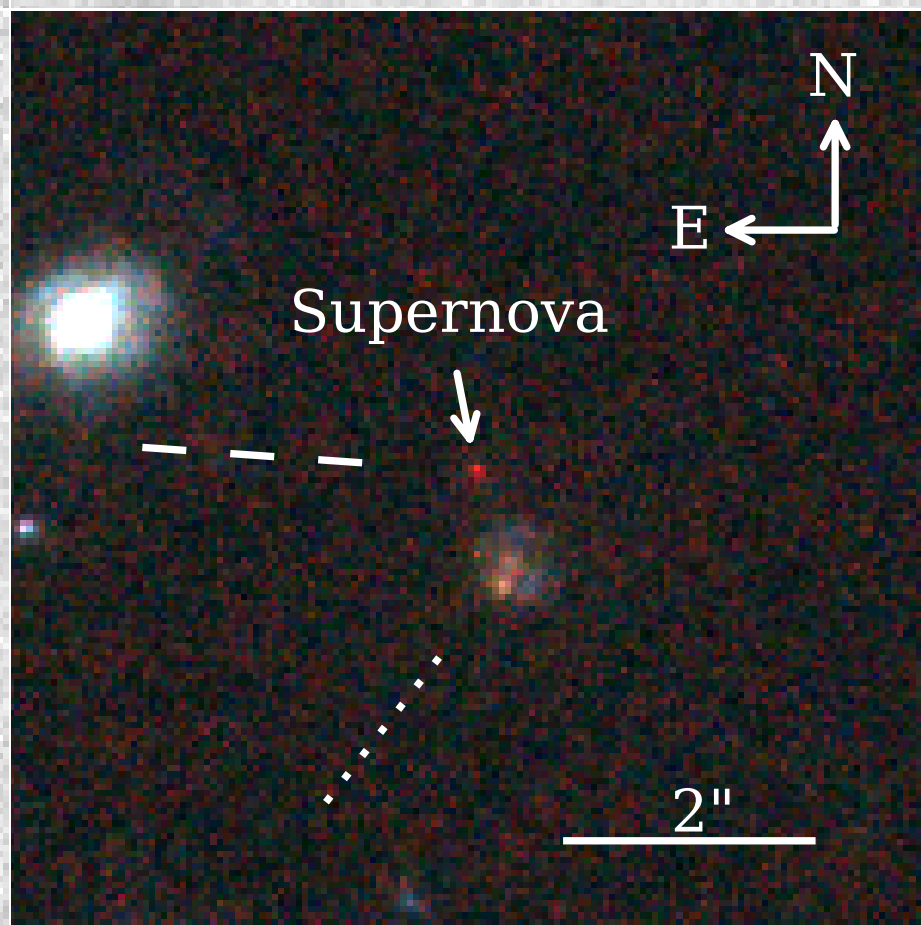
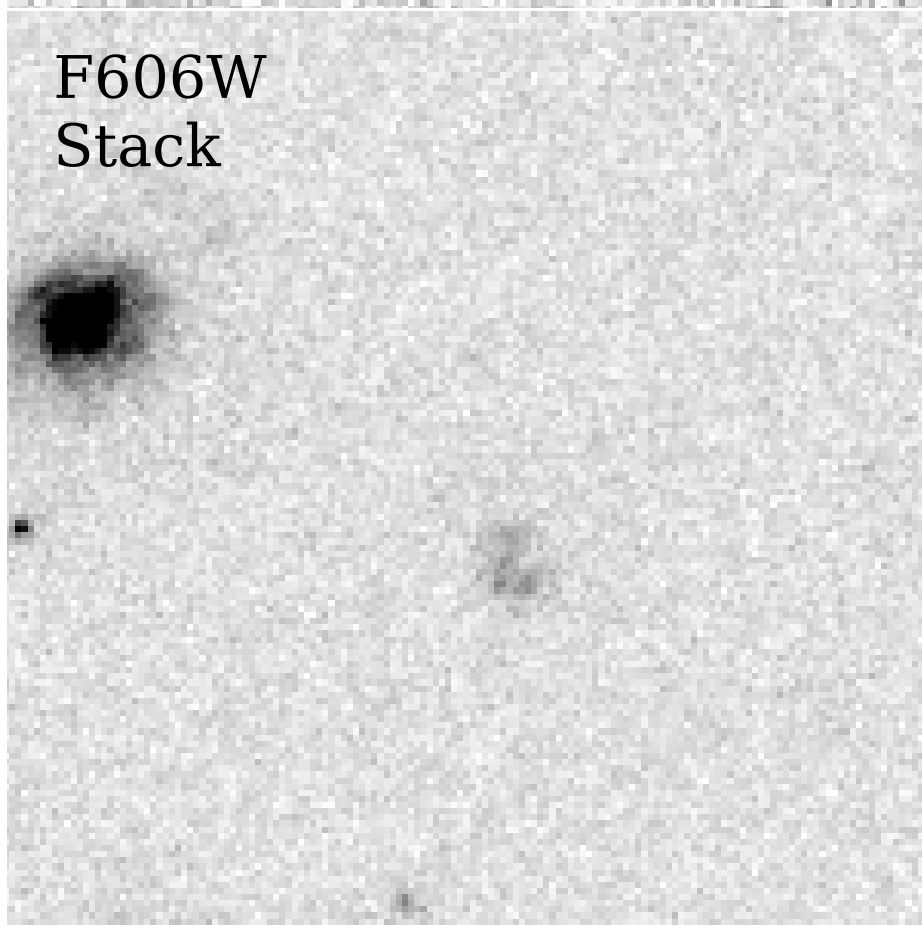
F850LP
Detection
Epoch



F775W
Stack



F606W
Stack





Der Swing Speed Radar mit Geschwindigkeits Zeitmesser ist ein kleiner, kostengünstiger Mikrowellen Doppler Radar Geschwindigkeits Sensor welcher Schwung Tempo und Geschwindigkeits Rythmus Golfer jeden Alters und jeden Handicaps unterstützt. Er hilft Spielern beim Entwickeln und optimieren ihrer Schwungs. Er misst die aktuelle Zeit des Abschlags sowie die Abschlagsgeschwindigkeit des Schlägerkopfes beim Treffen des Balles.



Masse - Energie - Umrechnungen

Klassisch: 1 kg x 1 m Hub im Grav. feld
der Erde:

$$\begin{aligned} E_{\text{pot}} &= m \cdot g \cdot h = 1 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 9,81 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2} = 9,81 \text{ Joule} \end{aligned}$$

Einstein: die einem Kilogramm [egal welcher
Art!] entsprechende Energie ist

$$\begin{aligned} E &= m_0 c^2 = 1 \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 \\ &= 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2} = 9 \cdot 10^{16} \text{ Joule} \end{aligned}$$

<u>Teilchen</u>	<u>Ruhemasse [MeV/c²]</u>	<u>Symbol</u>
Photon	0	γ
Elektron	0,511	e^-, e^+
Myon	105,7	μ
Proton	938,280	p
Neutron	939,573	n
Deuteron	<u>1875,628</u>	${}^2\text{H}, {}^2\text{D}, \text{D}$

■ Bindungsenergie v. Atomkernen

→ D besteht aus $1p + 1n \dots$ $m_p = 938,280$
 $+ m_n = 939,573$

$$\hookrightarrow m_D - (m_p + m_n) \approx 2,2 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

„Massendefekt“

$$\begin{array}{r} + m_n = 939,573 \\ \hline \Sigma = \underline{1877,853} \end{array} \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

Wasserstoffkern: Proton, $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
wichtige Massen-
Skala

unhandliche
Zahlen...

$$E_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg} \times 9 \cdot 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2 = 1,5 \times 10^{-10} \text{ Joule}$$

günstige Einheit:

$$= 938 \text{ MeV}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$$

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV etc}$$

1 eV ist die kin. Energie eines Teilchens
mit der Ladung e , das durch eine
Spannung von 1 V beschleunigt wird

Strahlungsleistung der Sonne auf der Erde:

$$P_{\odot}^E \approx 1,4 \text{ kWm}^{-2} \quad \text{„Solarkonstante“}$$

↳ gesamte abgestrahlte Leistung: $P_{\odot} = P_{\odot}^E \times 4\pi r_B^2$

Radius der Erdbahn $\rightarrow$

$$P_{\odot} \approx 1,4 \text{ kWm}^{-2} \cdot 4\pi \cdot (1,5 \times 10^{11} \text{ m})^2 \approx 3,96 \cdot 10^{26} \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

dem entspricht ein Massenverlust

der Sonne von $\Delta m_{\odot} = \frac{P_{\odot}}{c^2} = 4,4 \times 10^9 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

*

Vgl. chem. Reaktionen; z.B. Verbrennung von

1t Holz: Heizwert 17 MJ/kg $\rightarrow$ Energiewert von

$$1\text{t ist } 1,7 \cdot 10^{10} \text{ J} \hat{=} \Delta m = 0,2 \text{ mg}$$